

ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ  
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ



# MATERIALS SCIENCE PROJECT

UNIVERSITY-SCHOOL  
PARTNERSHIPS FOR THE DESIGN  
AND IMPLEMENTATION OF  
RESEARCH-BASED ICT-ENHANCED  
MODULES ON MATERIAL  
PROPERTIES

## SPECIFIC SUPPORT ACTIONS

FP6: SCIENCE AND SOCIETY: SCIENCE  
AND EDUCATION



**PROJECT COORDINATOR**  
CONSTANTINOS P. CONSTANTINOU,  
LEARNING IN SCIENCE GROUP,  
UNIVERSITY OF CYPRUS

## PROJECT PARTNERS



## ACKNOWLEDGMENT



RESEARCH FUNDING FOR THE MATERIALS SCIENCE PROJECT WAS PROVIDED BY THE EUROPEAN COMMUNITY UNDER THE SIXTH FRAMEWORK SCIENCE AND SOCIETY PROGRAMME (CONTRACT SAS6-CT-2006-042942).

THIS PUBLICATION REFLECTS ONLY THE VIEWS OF THE AUTHORS AND THE EUROPEAN COMMUNITY IS NOT LIABLE FOR ANY USE THAT MAY BE MADE OF THE INFORMATION CONTAINED HEREIN.

© DESIGN:  
n.eleana@cytanet.com.cy  
2010, NICOSIA - CYPRUS

# ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ

Επανασχεδιασμός και  
προσαρμογή

**Ερευνητική Ομάδα**  
Κωσταντίνος Π. Κωνσταντίνου  
Μιχάλης Λιβίτζης  
Μάριος Παπαευριπίδου  
Νίκος Παπαδούρης  
Αργυρώ Σχολινάκη

**Ομάδα Εκπαιδευτικών**  
Έφη Λοιζίδου  
Μυρτώ Πουαγκαρέ

Αρχικός σχεδιασμός και  
ανάπτυξη

**Ερευνητική Ομάδα**  
Roser Pintó  
Digna Couso  
María Isabel Hernández

**Ομάδα Εκπαιδευτικών**  
Montserrat Armengol  
Celsa Cortijo  
Raül Martos  
Miquel Padilla  
Consol Rios  
Marta Simón  
Carme Sunyer  
Montserrat Tortosa

*Άλλοι εμπλεκόμενοι ή  
συνεργαζόμενοι φορείς*  
**Επισκόπηση και ανατροφοδότηση**  
María Isabel Hernández  
Constantinos P. Constantinou  
Roser Pinto



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

0. Εισαγωγή στην Ακουστική	06
----------------------------	----

---

## ΕΝΟΤΗΤΑ 1: ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΜΕ ΥΛΙΚΑ

	11
--	----

1.1. Τα ηχητικά προβλήματα μιας δισκοθήκης	13
--	----

---

1.2. Γιατί ο ήχος φτάνει παντού στην αίθουσα χορού;	16
---	----

---

1.3. Ποιες συνθήκες εξασφαλίζουν ότι δεν θα ακούγεται ο ήχος έξω από τη δισκοθήκη;	26
--	----

---

## ΕΝΟΤΗΤΑ 2: ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΗΧΟΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

	41
--	----

2.1. Ποια γνώρισμα έχει ένα υλικό που θεωρείται καλό ηχοανακλαστικό; Και ποια ένα καλό ηχοαπορροφητικό;	43
---	----

---

2.2. Πώς μπορούμε να εξηγήσουμε την εξασθένιση του ήχου σε ένα υλικό βάση της εσωτερικής δομής του;	61
---	----

---

## ΕΝΟΤΗΤΑ 3: ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

	71
--	----

3.1. Πως θα ηχομονώσετε αποτελεσματικά τη δισκοθήκη;	73
--	----

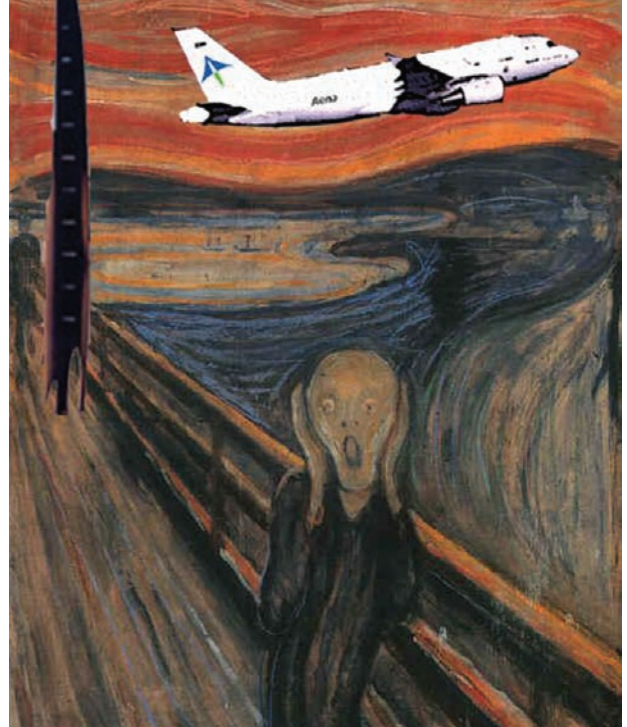
Γιατί ενδιαφερόμαστε για τις «ηχητικές ιδιότητες των υλικών»;



Γνωρίζετε από πότε μελετούνται τα ηχητικά φαινόμενα; Οι αρχιτέκτονες στην αρχαία Ελλάδα ενδιαφέρονταν για τον έλεγχο της ηχητικής των θεάτρων που χτίζονταν εκείνη την εποχή.

Από τότε, πολλοί επιστήμονες έχουν μελετήσει το τι είναι ο ήχος, πώς παράγεται, πώς διαδίδεται, πώς ελέγχουμε την ποιότητά του, πώς τον καταγράφουμε ή πώς τον αποφεύγουμε... Η έρευνα γύρω από τον ήχο και τα ηχητικά φαινόμενα οδήγησε σε έναν επιστημονικό κλάδο που ονομάζεται **Ακουστική**. Άλλοι κλάδοι, όπως η Αρχιτεκτονική και η Μηχανική Επιστήμη, αξιοποιούν τις θεωρίες που επινοήθηκαν στο πεδίο της Ακουστικής κατά το σχεδιασμό κτηρίων, πόλεων και υποδομών. Επίσης, η Ακουστική έχει οδηγήσει σε τεχνολογικές εφαρμογές όπως η εξέταση με υπερήχους στην ιατρική, ο αισθητήρας ηχητικής εντόπισης για ναυτιλιακή πλοήγηση, η ηχητική εγγραφή, η ψηφιακή επεξεργασία του μουσικού ήχου κ.ά.

Η Ακουστική, όπως κάθε άλλη επιστήμη, προσπαθεί να παράγει γνώση ώστε να συνεισφέρει στην επίλυση κοινωνικών προβλημάτων. Σήμερα, ένα πρόβλημα που μας απασχολεί είναι η ηχορύπανση. Το πρόβλημα οφείλεται κυρίως σε διάφορες συσκευές που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος στις δραστηριότητές του, όπως ποικίλες μηχανές και κινητήρες. Οι συνέπειες αυτού του προβλήματος μπορεί να είναι βλάβες στην ακοή, καρδιακές και νευρικές δυσλειτουργίες, ειδικά στις περιπτώσεις που η ένταση του ήχου είναι υψηλή και η έκθεση σε αυτόν συνεχής. Για αυτό το λόγο, διάφορες



κοινωνικές αρχές έχουν θέσει κανόνες για προστασία των πολιτών από την ηχορύπανση.

Αυτή η ενότητα ασχολείται με τέτοια προβλήματα, εστιάζοντας στην ειδική περίπτωση μιας δυσκοθήκης που βρίσκεται σε κατοικημένη περιοχή. Στόχος της ενότητας είναι να εξοικειωθείτε με τα αναγκαία επιστημονικά και τεχνολογικά εργαλεία ώστε να μπορέσετε να κατανοήσετε τη φύση του προβλήματος της ηχορύπανσης και να προτείνετε λύσεις.

Διαφορετικά διαμορφωμένοι χώροι έχουν διαφορετική ακουστική. Δείτε τα σχετικά φιλμάκια στο φάκελο «Ακουστική» στον υπολογιστή σας και καταγράψτε τις διαφορές που ακούτε.

---



---



---



---



---



---



---



---



## 0.1. ΠΑΡΑΓΟΥΜΕ ΗΧΟΥΣ ΕΝΩ ΜΙΛΑΜΕ. Η ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ.

Σε αυτήν την ενότητα θα ακούσετε διάφορους ήχους και θα συζητήσετε κάποια ερωτήματα που σχετίζονται με τη φύση του ήχου. Αυτή η αρχική δραστηριότητα θα σας βοηθήσει να αρχίσετε να σκέφτεστε για ποικίλους ήχους.

- α) Να παραγάγετε έναν ήχο με τη φωνή σας ή με ένα άλλο αντικείμενο ή όργανο. Ένας συμμαθητής σας πρέπει να περιγράψει τον εκπεμπόμενο ήχο. Ακολούθως ανταλλάξτε ρόλους.

*Γράψτε την περιγραφή σας σε όσο μεγαλύτερη λεπτομέρεια γίνεται.*

---

---

---

- β) Τώρα, *σκεφτείτε* δύο διαφορετικούς ήχους που θα μπορούσατε να παραγάγετε, με τη φωνή σας για παράδειγμα, και γράψτε πώς θα ήταν.

---

---

---

- γ) Ανταλλάξτε περιγραφές με ένα συμμαθητή σας ώστε να προσπαθήσει αυτός/ή να παραγάγει τους ήχους που εσείς περιγράψατε.

*Συμπίπτει ο ήχος που παράγει ο συμμαθητής σας με αυτόν που είχατε υπόψη σας;  
Γιατί είναι τόσο δύσκολο να περιγράψουμε ήχους;*

---

---

---

Θα διαπιστώσατε ήδη πόσο σημαντικό είναι να έχουμε ένα συγκεκριμένο λεξιλόγιο με το οποίο να επικοινωνούμε αποτελεσματικά με τους υπόλοιπους.



Διαβάστε τους ακόλουθους διαλόγους:

### Διάλογος ανάμεσα σε δύο γείτονες

Γ1: Δεν κοιμήθηκα όλο το βράδυ από το *θόρυβο* στο δρόμο!

Γ2: Για μένα η μουσική από τα αυτοκίνητα είναι τόσο δυνατή ώστε να γίνεται ενοχλητική. Φαντάζομαι για σένα που θα την ακούς πιο έντονα μιας και το παράθυρό σου κοιτάει στον κύριο δρόμο.

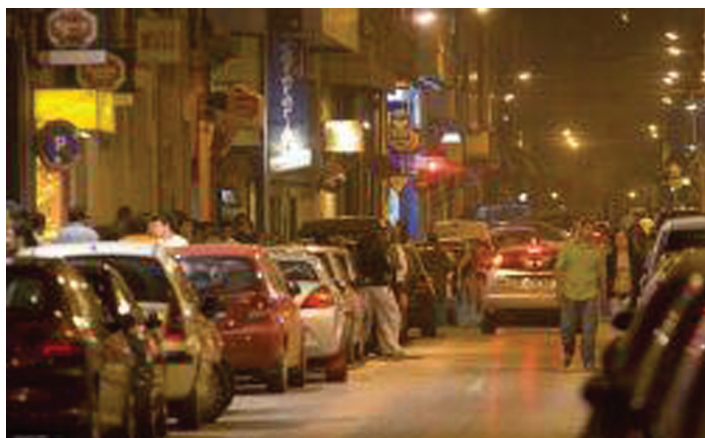
Γ1: Παρόλο που έχω παράθυρα με διπλά τζάμια, δεν καταφέρνω να *αποφύγω τον πολύ θόρυβο*, ειδικά αυτόν τον *βαθύ* και ενοχλητικό που κάνουν κάποιες μοτοσικλέτες χωρίς σιγαστήρα.

### Συζήτηση ανάμεσα σε ιδιοκτήτη διαμερίσματος και ένα ειδικό στην ακουστική

ΕΙ: Έχετε σοβαρό πρόβλημα *ηχορύπανσης*! Η *ένταση του ήχου* στο δρόμο και μέσα στο διαμέρισμά σας σε διάφορες ώρες είναι *πολύ ψηλή*.

Ι: Και τι μας προτείνετε να κάνουμε; Έχουμε βάλει διπλά τζάμια αλλά το πρόβλημα παραμένει...

ΕΙ: Πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ειδικά υλικά για να περιορίσουμε την *ένταση των ήχων* που εισέρχονται, ειδικά τους ήχους με *χαμηλές συχνότητες*.



**0.2.** Να αντιστοιχίσετε τις λέξεις με πλάγια γράμματα από τη συζήτηση των δύο γειτόνων με τις λέξεις από τη συζήτηση με τον ειδικό.

πολύς θόρυβος  
δυνατή μουσική  
να αποφύγω τον πολύ θόρυβο  
βαθύς θόρυβος

να περιορίσουμε την ένταση των ήχων  
ηχορύπανση  
ήχοι χαμηλών συχνοτήτων  
ήχος ψηλής έντασης



### ΤΙ ΜΑΣ ΛΕΕΙ Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ;

Η επιστημονική ορολογία είναι πιο ακριβής από την καθημερινή ομιλία αφού στην καθημερινή ομιλία χρησιμοποιούνται λέξεις ή ιδέες που συχνά έχουν πολλαπλές ερμηνείες.

Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να θυμάστε από την αρχή κάποιους επιστημονικούς όρους που συνδέεται με την έννοια του ήχου, εφόσον θα έχετε την ευκαιρία να τους χρησιμοποιήσετε καθόλη τη διάρκεια.

Μπορούμε να συνδέσουμε τη συχνότητα με τα χαρακτηριστικά που οι μουσικοί αποκαλούν τόνους. Λέμε ότι ο ήχος είναι οξύτονος όταν η συχνότητα του είναι υψηλή. Επίσης, οι χαμηλοί τόνοι είναι ήχοι χαμηλών συχνοτήτων.

Κατά τον ίδιο τρόπο, λέμε ότι ένας ήχος είναι δυνατός όταν έχει υψηλή ένταση. Επίσης, λέμε ότι ένας ήχος είναι αδύνατος όταν η έντασή του είναι χαμηλή.

### 0.3. ΠΩΣ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ Ο ΗΧΟΣ;

Δείτε την προσομοίωση στην ιστοσελίδα: <http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Sound>  
Πατήστε “Run” για να ξεκινήσει η προσομοίωση.

*Πώς παράγεται ο ήχος;*

---

---

---

*Τι συμβαίνει όταν αλλάζετε τη συχνότητα (frequency) του ήχου;  
Πώς διαφοροποιείται η κίνηση του ηχείου;*

---

---

---

*Τι συμβαίνει όταν αλλάζετε την ένταση (για ακρίβεια: το πλάτος ταλάντωσης, amplitude) του ήχου;  
Πώς διαφοροποιείται η κίνηση του ηχείου;*

---

---

---



**Ήχος** παράγεται όταν κάποιο αντικείμενο δονείται. Η δόνηση δημιουργεί ταλάντωση των μορίων του αέρα ή γενικότερα του υλικού μέσα στο οποίο διαδίδεται ο ήχος. Κατά την ταλάντωση, το κάθε μόριο συγκρούεται με τα μόρια που βρίσκονται δίπλα του και αυτά με τα διπλανά τους κ.ο.κ. Κατά αυτόν τον τρόπο, η αρχική δόνηση διαδίδεται. Ο ήχος είναι μια μορφή κυμάτων.

#### 0.4. ΠΩΣ ΔΙΑΔΙΔΕΤΑΙ Ο ΗΧΟΣ;

Χρησιμοποιήστε τη σπειροειδή σούστα (slinky coil) για να παραγάγετε κύματα.

Πώς διαδίδονται αυτά τα κύματα;

---

---

---

Μετακινείται ύλη κατά μήκος της σούστας, από την μία άκρη στην άλλη;

---

---

---

Να χρησιμοποιήσετε τη διάδοση του κύματος στη σούστα για να εξηγήσετε τη διάδοση του ήχου.

---

---

---

Να προβλέψετε ποια είναι τα απαραίτητα στοιχεία για να μπορεί να διαδοθεί ο ήχος.

---

---

---

Τοποθετήστε ένα κινητό τηλέφωνο στο γυάλινο θάλαμο και συνδέστε τον με την αντλία κενού. Καλέστε το κινητό ώστε να αρχίσει να κτυπά και θέστε την αντλία σε λειτουργία.

Τι παρατηρείτε καθώς αφαιρείται αέρας από το θάλαμο;

---

---

---



Ο ήχος διαδίδεται ως **κύμα**. Ο ήχος είναι μια διεργασία διάδοσης **ενέργειας** μακριά από το αρχικό αντικείμενο όπου ξεκίνησε η δόνηση. Απαιτείται η παρουσία υλικού μέσου για τη διάδοση του ήχου. Αυτή η διάδοση δεν συνεπάγεται μεταφορά μάζας, αφού τα μόρια του υλικού δεν μετακινούνται, απλά εκτελούν ταλάντωση γύρω από ένα σημείο.

Η **ένταση** του ήχου είναι το χαρακτηριστικό που φανερώνει την ποσότητα ενέργειας που μεταφέρουν τα ηχητικά κύματα ανά μονάδα χρόνου. Όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος της ταλάντωσης τόσο πιο έντονος είναι ο ήχος.



**ΕΝΟΤΗΤΑ 1:  
ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ  
ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ  
ΜΕ ΥΛΙΚΑ**





Ο ιδιοκτήτης μιας καινούριας δισκοθήκης ανησυχεί για το θόρυβο. Οι γείτονες έχουν διαμαρτυρηθεί από τις πρώτες κιόλας δοκιμές ήχου πριν τα εγκαίνια και είναι πεπεισμένοι πως, αν δεν βρει μια λύση, θα προβούν σε καταγγελία.

Η ακουστική της επιχείρησης ήταν εξ αρχής ένα πρόβλημα. Στην αρχή υπήρχε πολλή ηχώ και ανάμιξη ήχων, αλλά το πρόβλημα εξαλείφθηκε όταν τοποθετήθηκε η επίπλωση και η διακόσμηση.

Στην πραγματικότητα, η μουσική ακουγόταν πολύ καλά μέσα, αφού ο ήχος έμοιαζε να διαχέεται στο χώρο. Ακόμα και πίσω από τα μεγάφωνα. Αυτό πάντα τον εξέπληττε: Πώς η μουσική φτάνει παντού; Και ασφαλώς, το πρόβλημα ήταν ότι, παρά το ότι υπήρχαν τοίχοι ανάμεσα, η μουσική έφτανε στους γείτονες. Για να βρει μια λύση, αποφάσισε να προσλάβει ειδική τεχνική υπηρεσία.

Η εταιρεία DSR έχει ευρεία πείρα σε ηχητικές εγκαταστάσεις σε μουσικούς χώρους. Τεχνικοί της εκπονούν μελέτες σύμφωνα με τις κατασκευαστικές συνθήκες των εγκαταστάσεων. Ο σχεδιασμός τέτοιων χώρων έχει πολλές δυνατότητες αλλά πρέπει πάντα να λαμβάνονται υπ' όψιν φορολογικοί περιορισμοί. Οι αίθουσες μπορεί να είναι μεγάλες και ψηλοτάβανες με σκληρούς τοίχους ή μικρότερες και χαμηλοτάβανες, διακοσμημένες με καθρέπτες, πορσελάνη ή μόνιμα χαλιά.

Ακολούθως, σας δίδεται το διάγραμμα της δισκοθήκης. Για να μελετήσουν τους παράγοντες που επηρεάζουν την ηχητική του χώρου, η εταιρεία χωρίζει το χώρο σε τομείς τους οποίους αναλύει με μεγαλύτερη ακρίβεια.



Τομείς επιχείρησης

Είσοδος και βεστιάριο

[..\..\Desktop\photos\\_disco\vestibule.bmp](..\..\Desktop\photos_disco\vestibule.bmp)

Μεγάλη αίθουσα χορού

[..\..\Desktop\photos\\_disco\VIP\\_lounge\\_6.jpg](..\..\Desktop\photos_disco\VIP_lounge_6.jpg)

Μικρή αίθουσα χορού

[..\..\Desktop\photos\\_disco\little\\_dance\\_floor\\_2.jpg](..\..\Desktop\photos_disco\little_dance_floor_2.jpg)

Ζώνη επισήμων

[..\..\Desktop\photos\\_disco\VIP\\_lounge\\_1.jpg](..\..\Desktop\photos_disco\VIP_lounge_1.jpg)

Από τις φωτογραφίες που είδατε και το διάγραμμα της δισκοθήκης, αναγνωρίστε τα διάφορα στοιχεία που περιέχονται (για παράδειγμα: κολώνες μεγάφωνο κλπ).

Πώς νομίζετε ότι πρέπει να είναι ένταση του ήχου στην κάθε ζώνη;

---

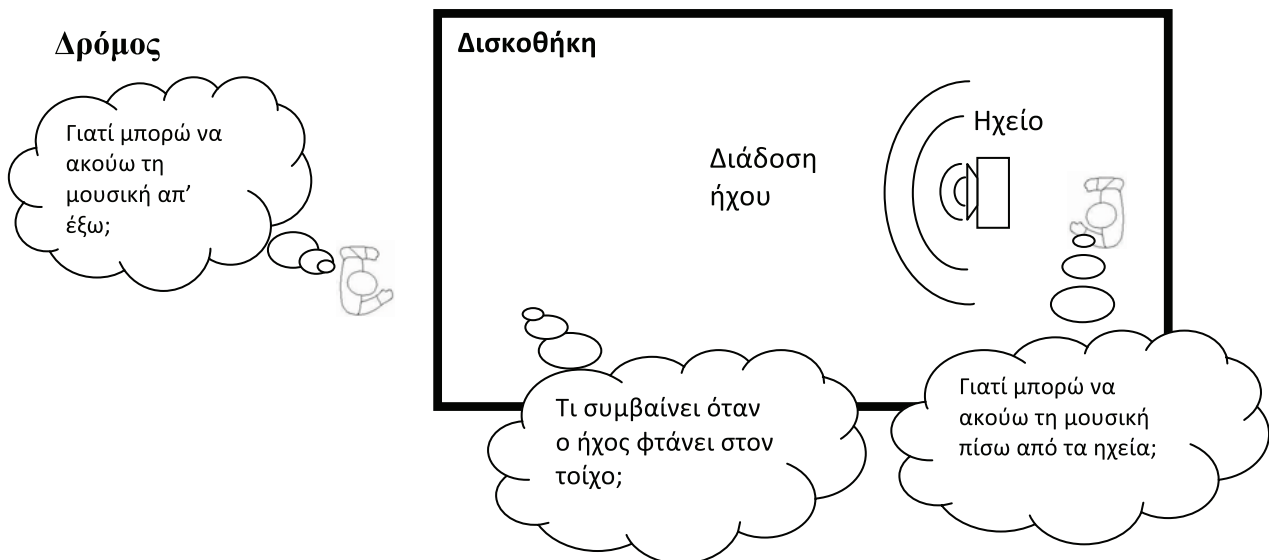
---

---

**1.1.1.** Οι τεχνικοί προβληματίζονται για τρία ερωτήματα όσον αφορά την ακουστική της δισκοθήκης:

- Σε ποια μέρη της θα πρέπει να έχει ο ήχος μεγαλύτερη ένταση; Ποιες είναι οι μεταβλητές που επηρεάζουν την ένταση του ήχου;
- Τι συμβαίνει όταν ο ήχος συναντά κάποιο εμπόδιο; Πού πρέπει να τοποθετηθούν τα ηχεία;
- Κάτω από ποιες προϋποθέσεις αποφεύγεται το να ακούγεται ο ήχος έξω από τη δισκοθήκη;

Πιο κάτω βλέπεται μια απλοποιημένη απεικόνιση της αίθουσας χορού:



**1.1.2.** Συζητήστε με τους συμμαθητές σας πιθανές απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα. Δικαιολογήστε την απάντησή σας:

- α) Τι γίνεται όταν ο ήχος που εκπέμπεται από τα ηχεία φτάνει στους τοίχους της δισκοθήκης; Γιατί μπορώ να ακούω τον ήχο όταν στέκομαι πίσω από τα ηχεία;

---

---

---





β) Ακούω τη μουσική, έστω και με μικρότερη ένταση, όταν βρίσκομαι στο δρόμο ακόμα και όταν είναι κλειστές οι πόρτες.

*Γιατί συμβαίνει αυτό;*

---

---

---

Ένας από τους μηχανικούς ακουσικής της εταιρείας DSR ανέφερε στον ιδιοκτήτη της επιχείρησης ότι ένα από τα φαινόμενα που πρέπει να ληφθούν υπόψη, είναι πως όταν ο ήχος φτάνει σε ένα σχετικά μεγάλο εμπόδιο (για παράδειγμα τοίχο), μοιάζει να «επιστρέφει». Ο ιδιοκτήτης χρειάζεται περισσότερες πληροφορίες για την «επιστροφή» για να πάρει αποφάσεις. Παραδείγματος χάριν, θέλει να ξέρει πού πρέπει να βάλει τα ηχεία ώστε «επιστρέφοντας» ο ήχος να

ακούγεται σε όλο το χώρο και επίσης θέλει να ξέρει τι μπορεί να κάνει για να αποφύγει την «επιστροφή» όταν είναι ανεπιθύμητη, όπως όταν προκαλεί αντίλαλο. Δηλαδή, χρειάζεται να προβλέψει την κατεύθυνση που διαδίδεται ο ήχος μετά τις «επιστροφές» και ακόμα, να ξέρει πώς να τις αποφύγει ή να τις ελαττώσει.

Ο μηχανικός ακουσικής χρησιμοποίησε καθομιλουμένη, ώστε να τον καταλάβει ο ιδιοκτήτης. Στην πραγματικότητα, δεν ανέφερε με επιστημονικό τρόπο την «επιστροφή» του ήχου.

Πώς νομίζετε θα μπορούσε να το πει σωστά;

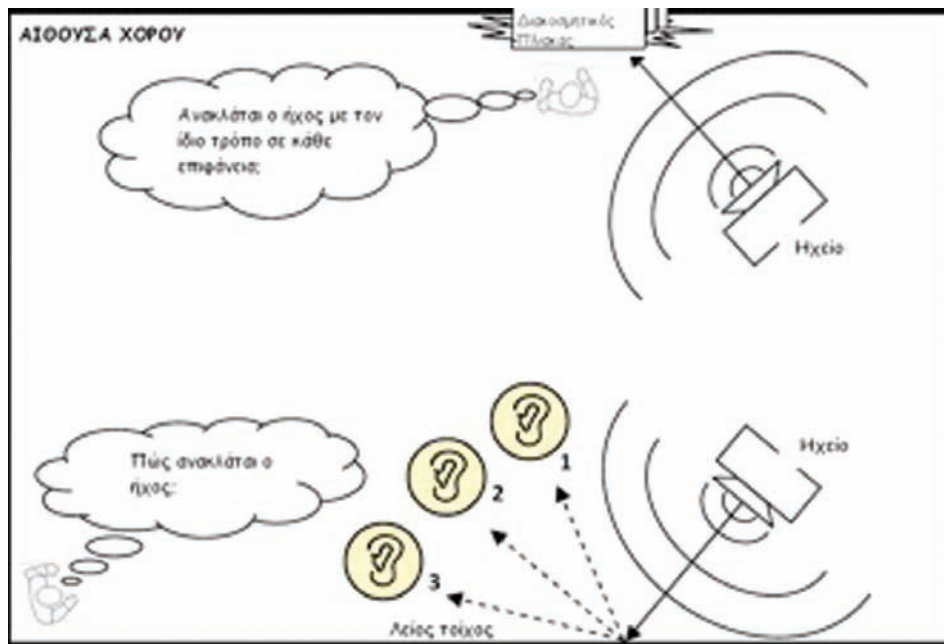


#### ΤΙ ΜΑΣ ΛΕΕΙ Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ;

Τα ηχητικά κύματα δεν «επιστρέφουν» όταν συναντήσουν μια υλική επιφάνεια. Ονομάζουμε **ανάκλαση** το φαινόμενο κατά το οποίο αλλάζει η κατεύθυνση διάδοσης του ήχου όταν φτάνει στη διαχωριστική επιφάνεια δύο μέσων και μετά εξακολουθεί να κινείται στο ίδιο μέσο. Λέμε τότε ότι τα κύματα ανακλούνται.

Τα ηχητικά κύματα θεωρούνται σφαιρικά κύματα διότι διαδίδονται προς όλες τις κατευθύνσεις από τη πηγή ήχου. Για να αναπαρασταθούν συνήθως χρησιμοποιούνται μια ομάδα καμπυλών οι οποίες δεν τέμνονται και που η ακτίνα τους μεγαλώνει καθώς απομακρύνονται από τη πηγή. Η αναπαράσταση της «ηχητικής ακτίνας» χρησιμοποιείται επίσης για να δείξει τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος.





1.2.1. Στην πιο πάνω εικόνα, ποιο από τα τρία διακεκομμένα βέλη (1, 2 ή 3) πιστεύετε ότι αναπαριστά την κατεύθυνση της ανάκλασης του ήχου που έρχεται σε επαφή με τον τοίχο (συνεχές βέλος); Γιατί;

---



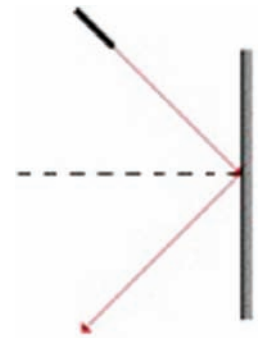
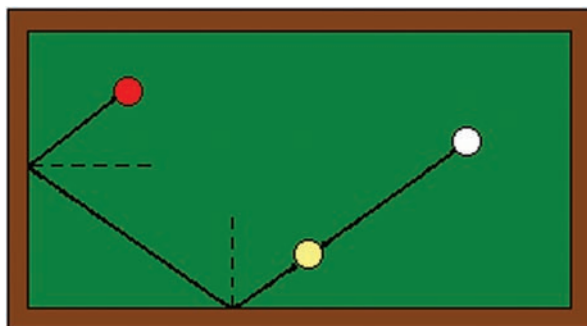
---



---

1.2.2. Προς ποια κατεύθυνση ανακλάται ο ήχος;

Σκεφτείτε την ανάκλαση άλλων αντικειμένων όπως οι μπάλες του μπιλιάρδου ή πως άλλα κύματα ανακλούνται όπως το φως λέιζερ σε λείες επιφάνειες (βερνικωμένο ξύλο ή καθρέπτης). Προσέξτε τις κατευθύνσεις της τροχιάς μιας δέσμης λέιζερ.



### ΤΙ ΜΑΣ ΛΕΕΙ Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ;

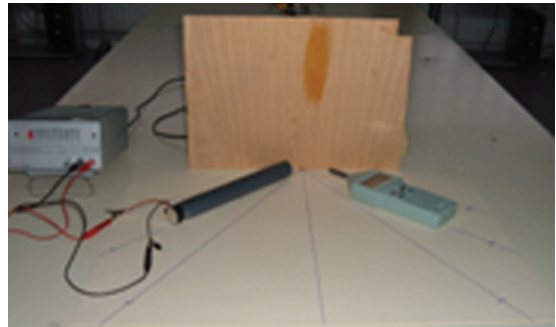
Ονομάζουμε **γωνία πρόσπτωσης** τη γωνία ανάμεσα στη διεύθυνση διάδοσης της προσπίπτοντος ηχητικής ακτίνας και τη κάθετο στη διεπιφάνεια ανάμεσα στα δύο μέσα διάδοσης. Η **γωνία ανάκλασης** είναι αυτή ανάμεσα στη διεύθυνση διάδοσης της ανακλώμενης ακτίνας και τη κάθετο στη διεπιφάνεια.

Ποια είναι νομίζετε η σχέση ανάμεσα στη δύο γωνίες;

### 1.2.3. Ας μετρήσουμε τη γωνία ανάκλασης του ήχου

Μπορούμε να μετρήσουμε τη γωνία ανάκλασης του ήχου με μια πειραματική διάταξη σαν αυτή στην εικόνα:

- Στα αριστερά έχουμε μια πηγή ήχου, σε αυτήν περίπτωση ένα βομβητή, που εκπέμπει σε ένα σωλήνα από PVC.
- Εστιάζουμε το σωλήνα σε μια λεία επιφάνεια (ένα βερνικωμένο ξύλινο πέτασμα) με κατεύθυνση που να σχηματίζει γωνία  $45^\circ$  με την κάθετο στην επιφάνεια.
- Με το μετρητή ήχου, παίρνουμε δεδομένα της έντασης του ήχου σε διάφορες κατευθύνσεις.
- Για να ξέρουμε σε ποια κατεύθυνση μετράμε, έχουμε φέρει σε ένα κομμάτι χαρτί πάνω στο τραπέζι, ευθείες που σχηματίζουν γωνίες  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  και  $60^\circ$  με την κάθετο στην επιφάνεια.



Η ένταση του ήχου μετριέται σε **decibels (dB)**. Η κλίμακα των decibels είναι ρυθμισμένη ανάλογα με την ανθρώπινη ακοή, και είναι από 0-120db. Η αντιστοιχία είναι 0 dB, που είναι η ελάχιστη ένταση που μπορούμε να ακούσουμε, μέχρι 120 db που θεωρείται ως το όριο του πόνου για το ανθρώπινο αυτί.

ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΟΙ ΗΧΟΙ	ΕΝΤΑΣΗ ΗΧΟΥ (dB)
Όριο ακοής	0
Απόλυτη σιγή (Εξαιρετικό επίπεδο παρατηρείται στο φυσικό περιβάλλον)	20
Ήσυχία ( Ήσυχος Δρόμος)	40
Ελάχιστος θόρυβος (Τυπική συζήτηση)	60
Αρκετή Φασαρία.	80
Επικίνδυνο όριο (1m μακριά από μίξερ)	100
Όριο πόνου (Μέσα σε δισκοθήκη 1m μακριά από το ηχείο)	120
Πολύ επικίνδυνο όριο (50m μακριά από αεροπλάνο που απογειώνεται)	140

Η ένταση του ήχου μπορεί να μετρηθεί με ένα ειδικό όργανο, το οποίο ονομάζεται μετρητής έντασης ήχου. Οι μετρητές χρησιμοποιούν ένα μικρόφωνο, το οποίο τοποθετείται στην κατεύθυνση του ήχου και η μέτρηση εμφανίζεται στην οθόνη σε decibels (db).





**1.2.4. Συμπληρώστε την πρόταση:**

Όταν ο ήχος διαδίδεται σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση και βρει ένα εμπόδιο ανακλάται, δηλαδή, ...

---

---

---

**Συμπληρώστε την πρόταση:**

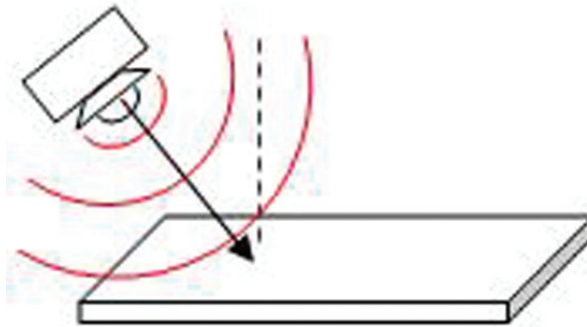
Η κατεύθυνση διάδοσης του ανακλώμενου ήχου είναι τέτοια ώστε ...

---

---

---

**1.2.5. Σχεδιάστε την κατεύθυνση διάδοσης του ανακλώμενου ήχου με ένα βέλος αναπαριστώντας τα ανακλώμενα κύματα με ημισφαίρια. Σημειώστε τις γωνίες πρόσπτωσης και ανάκλασης.**



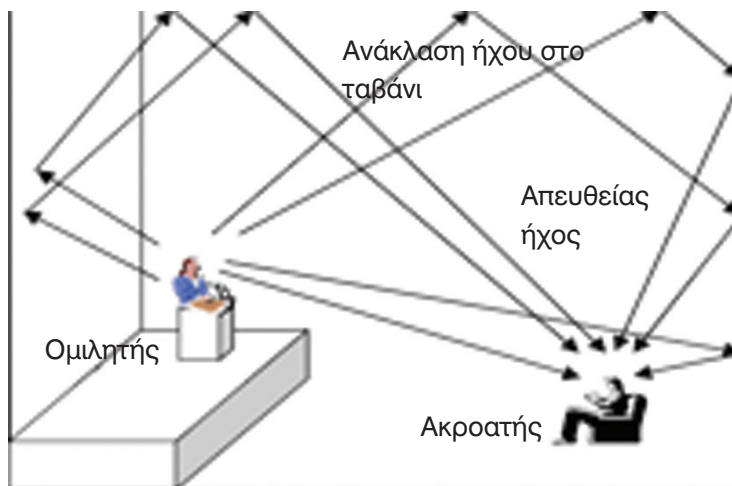




### 1.2.6. Ποια διαδρομή ακολουθεί ο ήχος από τον ομιλητή στον ακροατή;

Σε μεγάλα δωμάτια με λείες οροφές, προσέξτε τη διαδρομή του ήχου από το άτομο που μιλά (πομπός) μέχρι το άτομο που ακούει (δέκτης).

Μέρος του ήχου ανακλάται στο ταβάνι. Ένα άλλο μέρος του δεν ανακλάται (απευθείας ήχος) ή ανακλάται μόνο στον πίσω τοίχο.



Εξετάζοντας το πιο πάνω σχήμα, θα μπορούσατε να πείτε ποιο μέρος του ήχου θα φθάσει με καθυστέρηση στον ακροατή;

---

---

---

Τι θα ακούσει ο ακροατής, εάν διαφορετικά μέρη του ήχου ακολουθούν διαφορετικές πορείες και επομένως φθάνουν με καθυστέρηση σε αυτόν;

Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

---

---

---

## ΓΙΑ ΝΑ ΓΝΩΡΙΣΕΤΕ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ: ΑΝΤΗΧΗΣΗ



### ΤΙ ΜΑΣ ΛΕΕΙ Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ;

Σε μεγάλους κλειστούς χώρους, όπως θέατρα και αίθουσες διαλέξεων, ακούμε συνήθως τον ήχο να διαρκεί περισσότερο. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται αντήχηση και οφείλεται στην ανάκλαση του ήχου. Τα ανακλώμενα κύματα καθυστερούν σε σχέση με τον απευθείας ήχο για χρόνο αρκετά μικρό ώστε το ανθρώπινο αυτί να μην μπορεί να διακρίνει δύο διαφορετικούς ήχους. Αντιλαμβάνεται μόνο ένα ήχο μεγαλύτερης διάρκειας. Αν η καθυστέρηση είναι πολύ μεγάλη, το φαινόμενο ονομάζεται ηχώ (αντίλαλος).

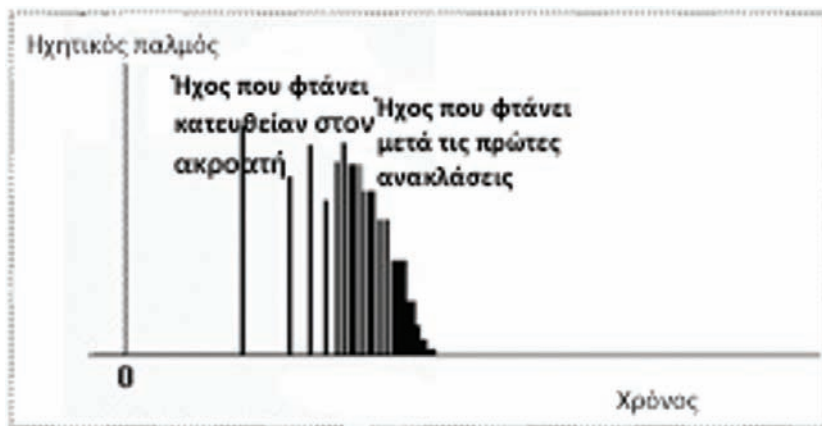
Η αντήχηση σε ένα χώρο χαρακτηρίζεται από το χρόνο αντήχησης που είναι ο χρόνος που χρειάζεται μέχρι να εξασθενήσει αρκετά ένας ήχος ώστε να μην ακούγεται.

### 1.2.7. Χρόνος αντήχησης

Σε ένα δωμάτιο με ψηλό και λείο ταβάνι, έχουμε μετρήσει το χρόνο που εξακολουθεί να ακούεται ο ήχος μετά την εκπομπή του, δηλ., το χρόνο αντήχησης.



Αφού ρυθμίσαμε ακουστικά το δωμάτιο, η ίδια μέτρηση μας έδωσε το ακόλουθο αποτέλεσμα:



Η ακουστική ρύθμιση που έγινε σε αυτή την περίπτωση ήταν η εξής: χρησιμοποιήσαμε ανώμαλες επιφάνειες, στις οποίες ο ήχος ανακλάται προς πολλές κατευθύνσεις καθώς επίσης και υλικά τα οποία ανακλούν λιγότερο τον ήχο.

Από τις γραφικές, απαντήστε την επόμενη ερώτηση:

Πότε θα καταλαβαίναμε καλύτερα τον ομιλητή, πριν ή μετά την ακουστική ρύθμιση;

Γιατί;

---

---

---

Πώς θα εξηγούσατε τη διαφορά ανάμεσα στα δύο γραφήματα;

---

---

---

**1.2.8.** Κάθε χώρος έχει ένα ιδανικό χρόνο αντήχησης αναλόγως της χρήσης του. Μια αίθουσα διαλέξεων ή θέατρο πρέπει να έχει μικρό χρόνο αντήχησης ώστε ο ήχος που φτάνει στο ακροατήριο να είναι καθαρός και κατανοητός.

Εντούτοις μια αίθουσα στην οποία παίζεται μουσική κάποιες φορές χρειάζεται μεγαλύτερο χρόνο αντήχησης ώστε να ενισχύεται η ακουστική αίσθηση, αποφεύγοντας την απότομη διακοπή μουσικών ήχων.

ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΔΩΜΑΤΙΟΥ	ΙΔΑΝΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (s)
Θέατρα και διαλέξεις	0,4 – 1
Μουσική δωματίου	1 – 1,4
Ορχηστρική μουσική	1,5
Όπερα	1,6 – 1,8
Χορωδιακή μουσική	Μέχρι και 2,3

Κάποιοι νομίζουν ότι το *Μέγαρο Μουσικής* της Καταλονίας είναι ένας χώρος πολύ “φορτωμένος” για ορχηστρική μουσική. Ένας ειδικός στην ακουστική αρχιτεκτονική μέτρησε τον μέσο χρόνο αντήχησης και τον βρήκε περίπου 1.2s.

Πιστεύετε πως αυτή η μέτρηση υποστηρίζει τη γνώμη των ακροατών; Εξηγήστε.

---

---

---

---

---

---



**ΓΙΑ ΝΑ ΓΝΩΡΙΣΕΤΕ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ: Η ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΚΑΙ ΟΙ ΟΡΟΦΕΣ ΤΩΝ ΣΥΝΑΥΛΙΑΚΩΝ ΑΙΘΟΥΣΩΝ.**

Σε μερικά δωμάτια το ταβάνι τροποποιείται ώστε να αποφεύγεται το φαινόμενο της έντονης αντήχησης. Ανώμαλες επιφάνειες χρησιμοποιούνται για να ανακλούν τον ήχο προς διαφορετικές κατευθύνσεις και έτσι ο ήχος διαχέεται. Αυτές οι επιφάνειες καλούνται ακουστικοί διασκορπιστές.

Οι παρακάτω εικόνες δείχνουν τρεις αίθουσες διαφορετικής χρήσης.

*Σε ποιες από αυτές έχουν χρησιμοποιηθεί ακουστικοί διασκορπιστές;  
Πώς σχετίζεται αυτό με τη χρήση της κάθε αίθουσας;*

---

---

---

---

---

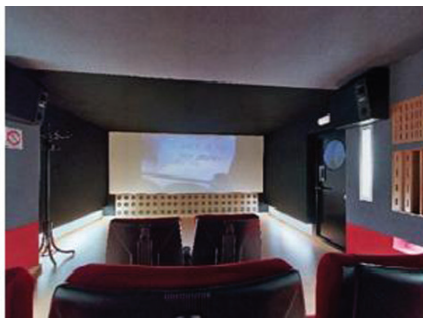
---

---

---



A



B



C

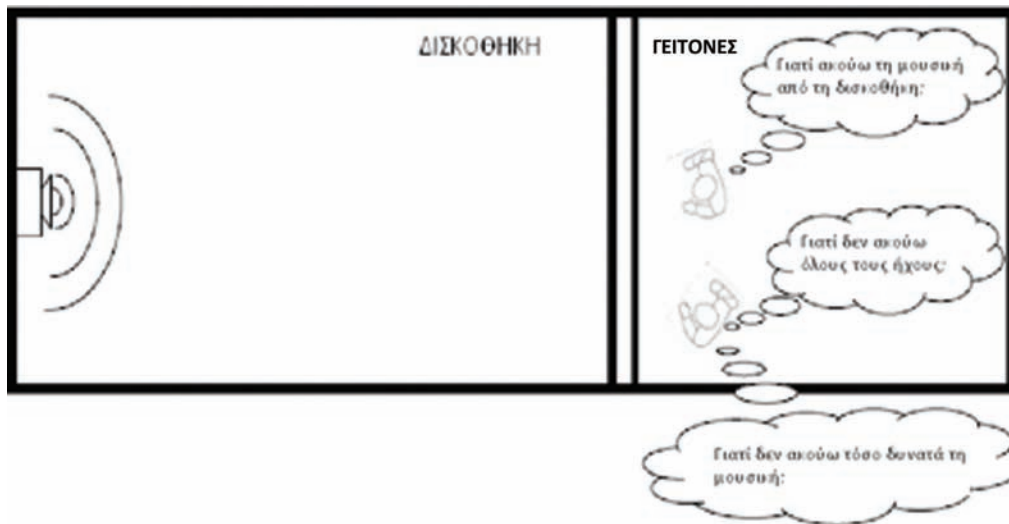
# 1.3

## ΠΟΙΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΞΑΣΦΑΛΙΖΟΥΝ ΟΤΙ ΔΕΝ ΘΑ ΑΚΟΥΓΕΤΑΙ Ο ΗΧΟΣ ΕΞΩ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΣΚΟΘΗΚΗ;

Ο ιδιοκτήτης της δισκοθήκης είναι ευτυχής επειδή το πρόβλημα της ακουστικής μοιάζει να λύνεται. Προσδοκεί να την ανοίξει και έχει αποφασίσει και το είδος της μουσικής που θα παίζεται στη δισκοθήκη.

Παρόλα αυτά, δεν θέλει να ξεχάσει τους γείτονες. Κατά τη γνώμη του, δεν θα έπρεπε να έχει κανείς πρόβλημα με τη μουσική στη δισκοθήκη του, αλλά δεν έχουν όλοι τις ίδιες μουσικές προτιμήσεις.

**1.3.1.** Στο επόμενο διάγραμμα έχετε μια απλοποιημένη αναπαράσταση της δισκοθήκης και του διπλανού διαμερίσματος, τα οποία διαχωρίζονται μόνο από ένα τοίχο:



Οι γείτονες μπορούν να ακούσουν τη μουσική από τη δισκοθήκη.

*Πως θα μπορούσατε να το εξηγήσετε;*

---

---

---

*Αν μπορούσαμε να αυξήσουμε την ανάκλαση του ήχου μέσα στη δισκοθήκη, θα άκουγαν τη μουσική τόσο δυνατά;*

---

---

---

Στην είσοδο της δισκοθήκης, όταν είναι κλειστές οι πόρτες, ακούμε μόνο “πάμπα-πούμπα”, (χαμηλές συχνότητες).

*Γιατί νομίζετε δεν ακούμε όλους τους ήχους;*

---

---

---

Για να ελαχιστοποιήσουμε τον ήχο έξω ή στα παρακείμενα διαμερίσματα, ο μηχανικός ακουστικής κάνει τις κατάλληλες ενέργειες. Χρησιμοποιεί το μετρητή ήχου για να μετρήσει τα ντεσιμπέλ του ήχου. Όσα πιο πολλά ντεσιμπέλ μετρά, τόσο μεγαλύτερη η ένταση του ήχου.

### 1.3.2. Πώς μετράμε τον ήχο;

Στις επόμενες δραστηριότητες θα μάθουμε να μετράμε την ένταση του ήχου και θα κάνουμε κάποιες δοκιμές με διάφορα υλικά, για να αποφασίσουμε ποια είναι κατάλληλα για να καλύψουμε τον τοίχο. Θα μετρήσουμε την ένταση του ήχου χρησιμοποιώντας αυτόματο σύστημα συλλογής δεδομένων, που θα μας επιτρέψει να παρατηρήσουμε μια γραφική απεικόνιση της στην οθόνη του υπολογιστή.

Η πειραματική διάταξη που θα χρησιμοποιήσουμε για τις μετρήσεις μας, αποτελείται από ένα μετρητή έντασης ήχου συνδεδεμένο με ένα μετατροπέα ο οποίος επικοινωνεί με έναν υπολογιστή μέσω λογισμικού, όπως φαίνεται στην εικόνα πιο κάτω:



Ο μετρητής έντασης ήχου χρησιμοποιεί ένα μικρόφωνο κατευθυνόμενης λήψης, κάτι που απαιτεί προσανατολισμό του προς την πηγή ήχου. Η έξοδος του μικροφώνου συνδέεται με μια σειρά από συσκευές οι οποίες δίνουν μια ειδική μέτρηση (σήμα) της έντασης του ήχου. Μετράει την ένταση του ήχου σε ντεσιμπέλ (dB).





### 1.3.3. Καταμέτρηση του ήχου με το μετρητή έντασης ήχου και παρατήρηση της γραφικής παράστασης με το λογισμικό

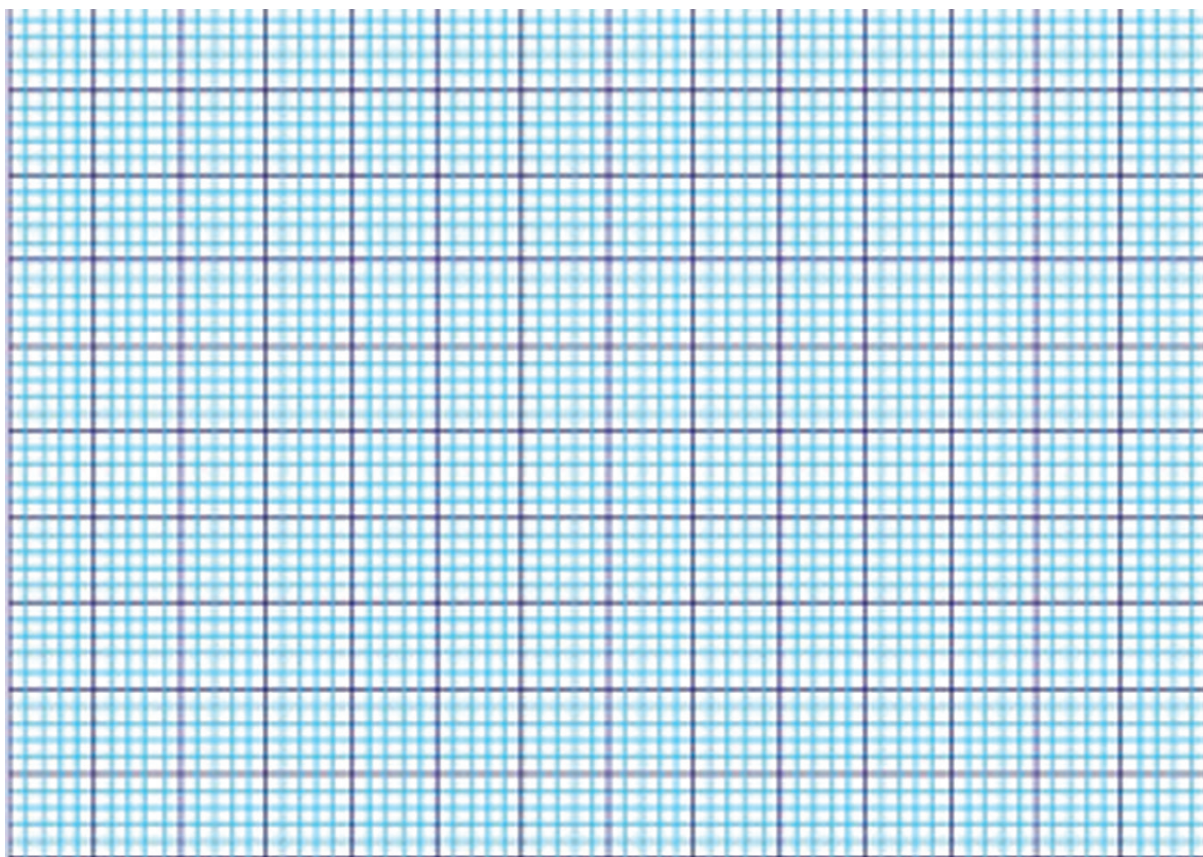


ΓΙΑ ΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΤΕ ΗΧΟ ΜΕ ΤΟ ΜΕΤΡΗΤΗ ΕΝΤΑΣΗΣ ΗΧΟΥ, ΠΡΕΠΕΙ ΠΡΩΤΑ ΝΑ ΡΥΘΜΙΣΕΤΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ. ΑΚΟΛΟΥΘΗΣΤΕ ΤΙΣ ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΟΔΗΓΙΕΣ.

Σφουρίξτε ή μιλήστε μπροστά στο μετρητή για μερικά δευτερόλεπτα αλλάζοντας την ένταση του ήχου. Παρατηρήστε πώς ο μετρητής συλλέγει τις διαφοροποιήσεις του εκπεμπόμενου ήχου και πώς μεταφέρονται στην οθόνη του υπολογιστή.

Παρατηρήστε το σχήμα της γραφικής παράστασης και σχεδιάστε το στους παρακάτω άξονες σημειώνοντας πού ο ήχος ήταν υψηλής έντασης.

ΕΝΤΑΣΗ ΗΧΟΥ (dB)

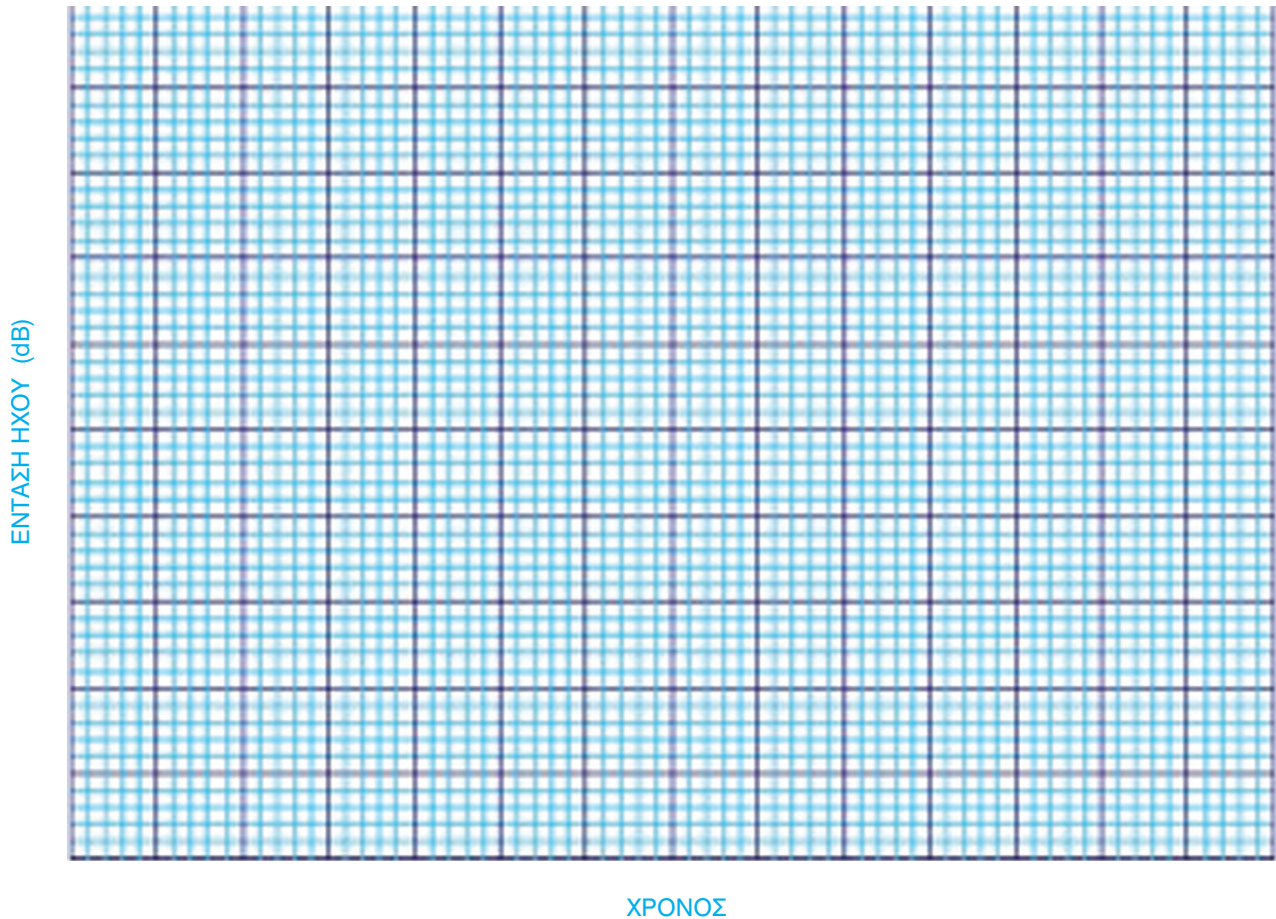


ΧΡΟΝΟΣ



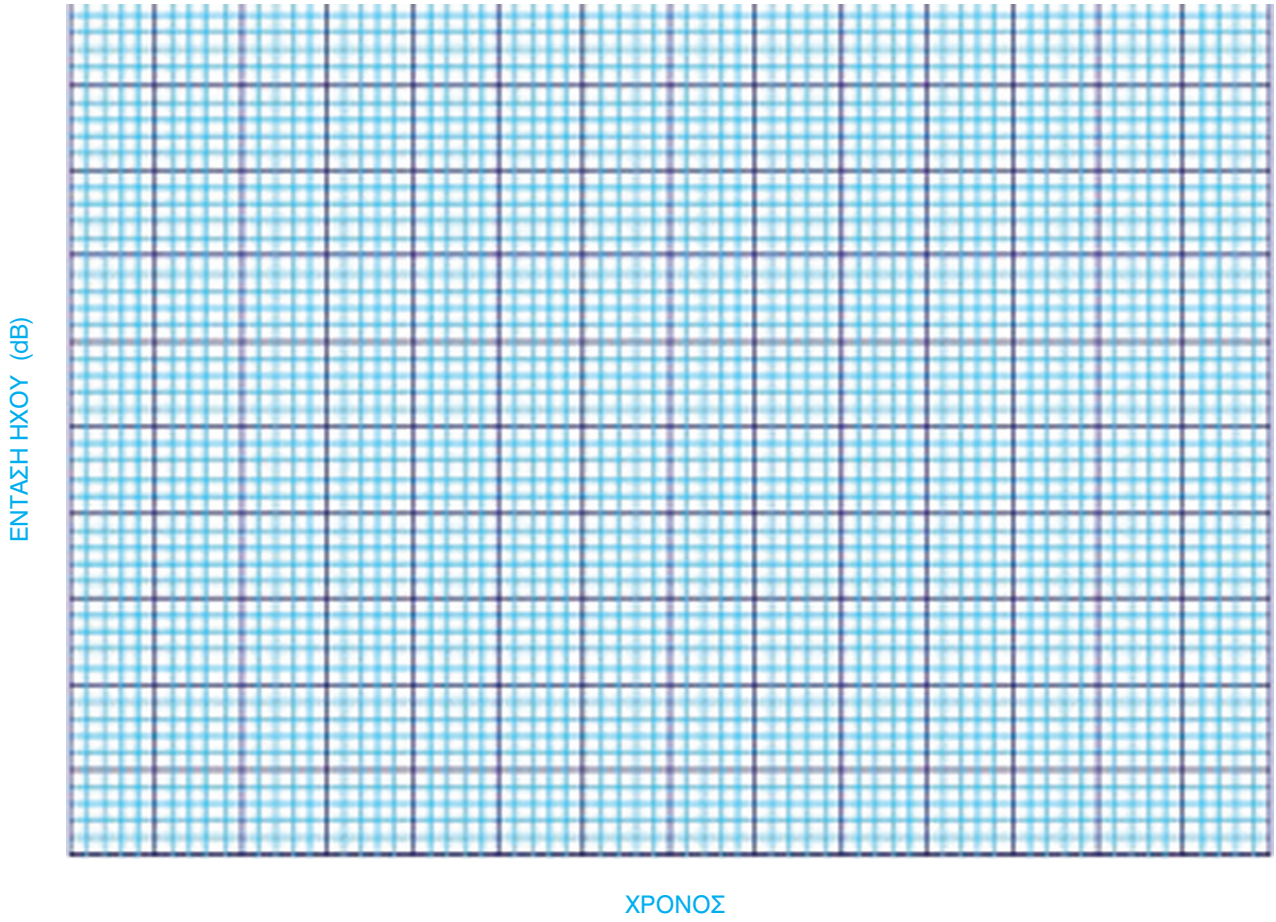
Πώς νομίζετε θα απεικονιζόταν η φωνή σας αν σφυρίζατε με μεγαλύτερη ένταση;

Σχεδιάστε την πρόβλεψή σας.





Ακολουθως μετρήστε και σχεδιάστε το αποτέλεσμα που προκύπτει.



Είναι η ίδια η γραφική που προβλέψατε με αυτή που προέκυψε;  
Αν όχι, ποιες είναι οι διαφορές;

---

---

---



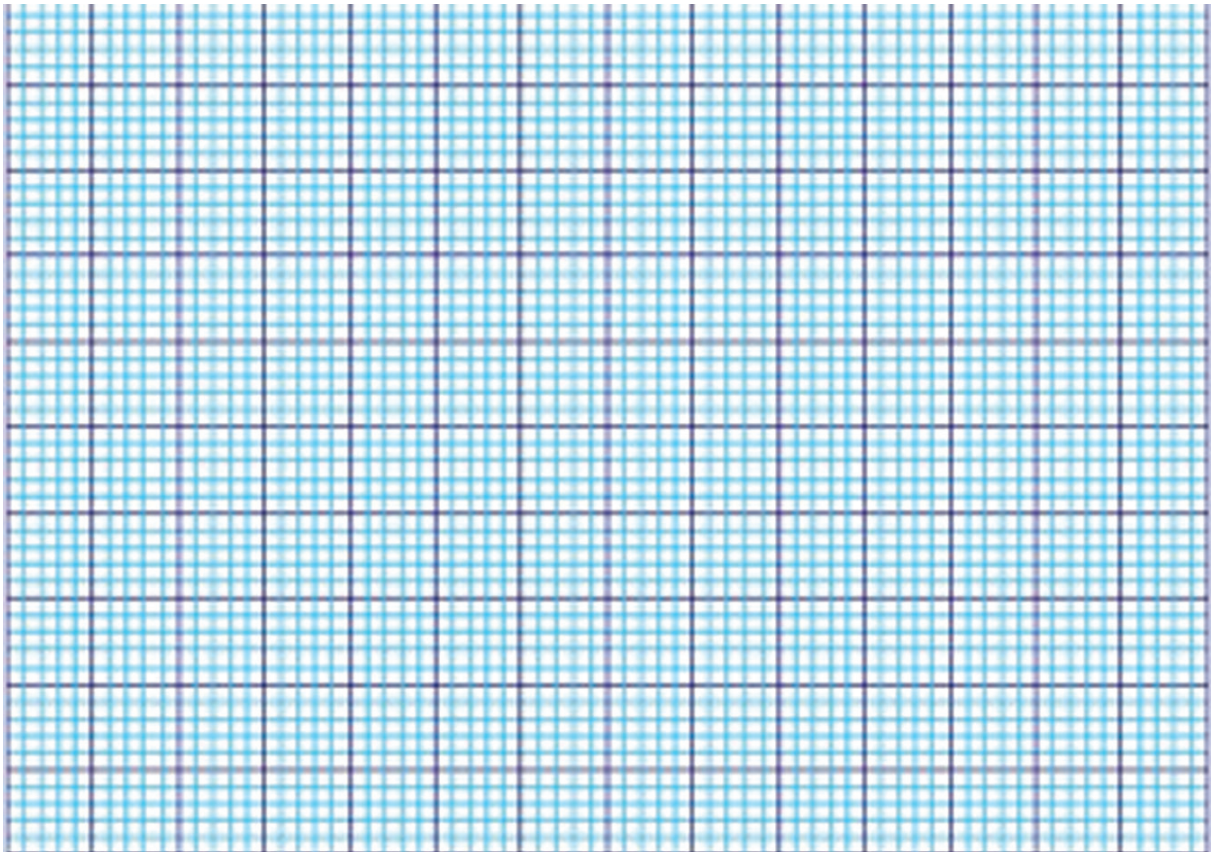
1.3.4. Πώς η απόσταση ανάμεσα στον μετρητή έντασης ήχου και στον βομβητή επηρεάζει τις μετρήσεις της έντασης του ήχου;

α) Προτού το διερευνήσετε πειραματικά, σχεδιάστε την **πρόβλεψή** σας πιο κάτω, αναπαριστώντας αυτό που θα βλέπατε στην οθόνη του υπολογιστή καθώς θα απομακρύνετε τον μετρητή από τον βομβητή.

BOMBΗΤΗΣ  
ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΣ ΜΕ  
ΜΠΑΤΑΡΙΑ



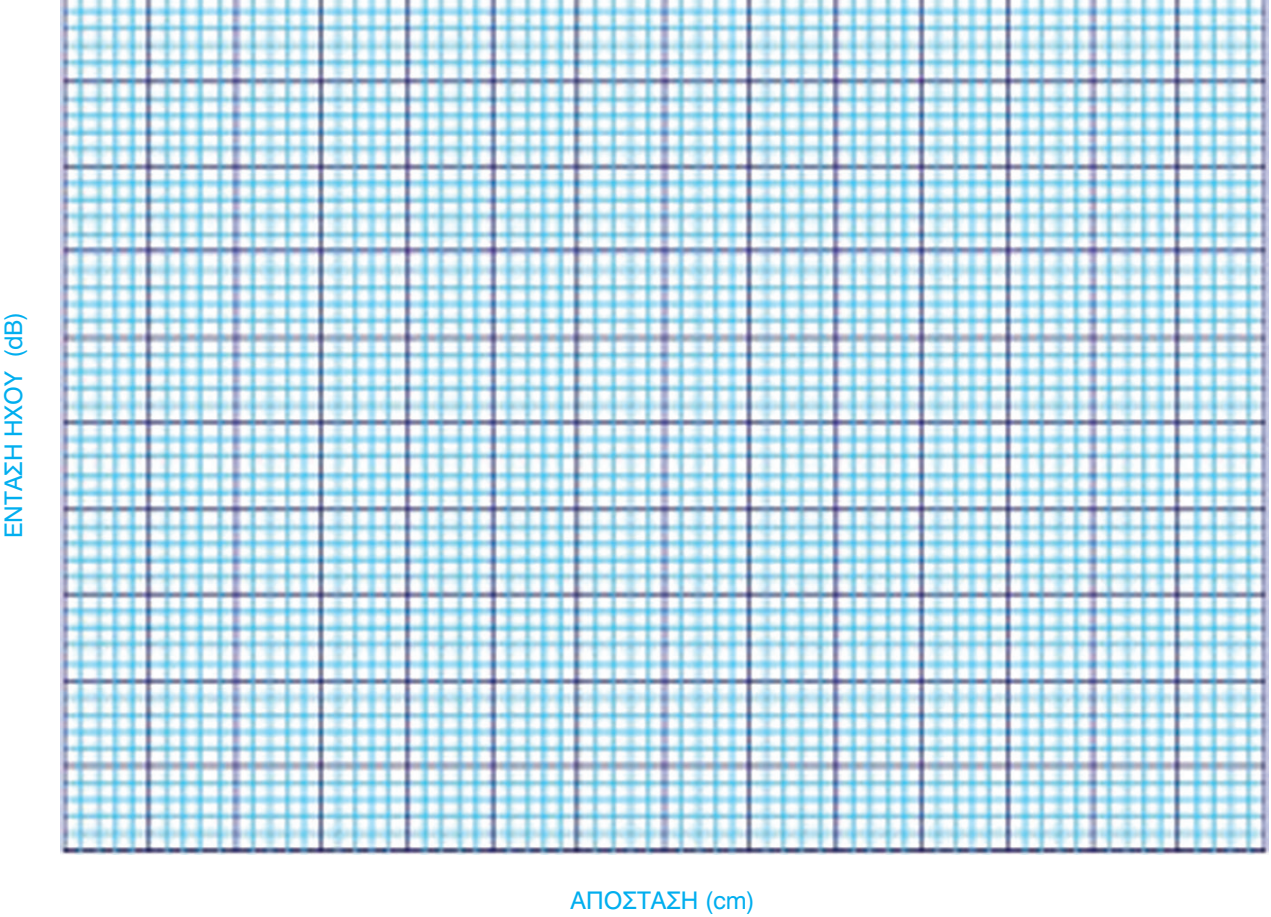
ΕΝΤΑΣΗ ΗΧΟΥ (dB)



ΑΠΟΣΤΑΣΗ (cm)



Ακολουθώως μετρήστε και σχεδιάστε το αποτέλεσμα που προκύπτει μετακινώντας αργά και σταθερά τον μετρητή.



Είναι η ίδια η γραφική που προβλέψατε με αυτή που προέκυψε;  
Αν όχι, ποιες είναι οι διαφορές;

---

---

---

### Συμπέρασμα

Εξηγήστε από τη γραφική παράσταση, πώς η απόσταση ανάμεσα στο μετρητή έντασης ήχου και στο βομβητή επηρεάζει τις μετρήσεις της έντασης του ήχου.

---

---

---

*Αν τοποθετείτε το μετρητή σε μια ορισμένη απόσταση, θα μετράτε πάντα την ίδια ένταση;*

---

---

---

*Πώς θα ήταν οι μετρήσεις σας αν δεν υπήρχε ο περιβαλλοντικός θόρυβος;*

---

---

---



#### ΤΙ ΜΑΣ ΛΕΕΙ Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ;

Όταν ο ήχος διαδίδεται σε ένα μέσο, η ένταση του μειώνεται με την απόσταση. Αυτό συμβαίνει διότι τα ηχητικά κύματα διαδίδονται σε όλες τις διευθύνσεις και γι αυτό η ενέργειά τους ανά μονάδα επιφάνειας μειώνεται λόγω εξάπλωσης του κύματος.

1.3.5. Ο μηχανικός βάζει στη δισκοθήκη μια πηγή ήχου συχνότητας 500Hz και έντασης 100dB. Ακολούθως, μετράει την ένταση του ήχου στο γειτονικό διαμέρισμα.

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz)	ΕΝΤΑΣΗ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΥ ΗΧΟΥ (dB)	ΕΝΤΑΣΗ ΔΙΑΔΙΔΟΜΕΝΟΥ ΗΧΟΥ (dB)
500	100	58

Συγκρίνετε την ένταση (dB) εκπεμπόμενου και διαδιδόμενου ήχου.

*Τι συμπεραίνετε;*

---

---

---

*Πόση από την ένταση του ήχου δεν έχει διαπεράσει τον τοίχο;*

---

---

---

*Τι νομίζετε ότι συνέβηκε στο ήχο που δε διαδόθηκε;*

---

---

---



## ΤΙ ΜΑΣ ΛΕΕΙ Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ;

Η μείωση του ήχου επειδή μέρος του δεν διαδίδεται μέσω ενός υλικού, ονομάζεται **εξασθένηση**. Μπορούμε να υπολογίσουμε την εξασθένηση ως διαφορά ανάμεσα στην ένταση του εκπεμπόμενου ήχου και στην ένταση του διαδοθέντος ήχου.

Όταν ο ήχος φτάνει στον τοίχο της δισκοθήκης, ένα μέρος της ενέργειας του ανακλάται και ένα άλλο μέρος της διεισδύει στον τοίχο. Απ' αυτή που διεισδύει, ένα μέρος της παραμένει στον τοίχο (απορροφάται) και ένα άλλο μέρος διαδίδεται μέσα από τον τοίχο και φθάνει στο γειτονικό διαμέρισμα. Ο ήχος σχετίζεται με ενέργεια, για την οποία μπορούμε να πούμε ότι:

$$E_{\text{προσπ.}} = E_{\text{ανακλ.}} + E_{\text{δεισδ.}}$$

$$E_{\text{δεισδ.}} = E_{\text{απορρ.}} + E_{\text{διαδ.}}$$



Η ενέργεια του απορροφημένου ήχου μετατρέπεται σε άλλη μορφή ενέργειας.

Αν θέλουμε ελάχιστη διάδοση ήχου χρειαζόμαστε μέγιστη ανάκλαση ή απορρόφησή του.

Η ενέργεια του προσπίπτοντος κύματος η οποία δεν έχει διαδοθεί στην άλλη πλευρά αντιστοιχεί στην ενέργεια που έχει αποκοπεί.

$$E_{\text{αποκοπής}} = E_{\text{προσπ.}} + E_{\text{διαδ.}}$$



Όταν ο μηχανικός τελείωσε τις μετρήσεις του, είπε στον ιδιοκτήτη της discoθήκης ότι αυτή δεν πληροί τις προϋποθέσεις διότι ο διαδιδόμενος ήχος πρέπει να είναι κάτω από 30 dB.

Ο μηχανικός εξήγησε στον ιδιοκτήτη ότι ο ήχος πρέπει να περιοριστεί και ότι αυτό μπορεί να γίνει είτε με υλικά που ανακλούν τον ήχο είτε με υλικά που τον απορροφούν. Προκειμένω, προτείνει μια λύση που συνδυάζει και τα δύο είδη υλικών.

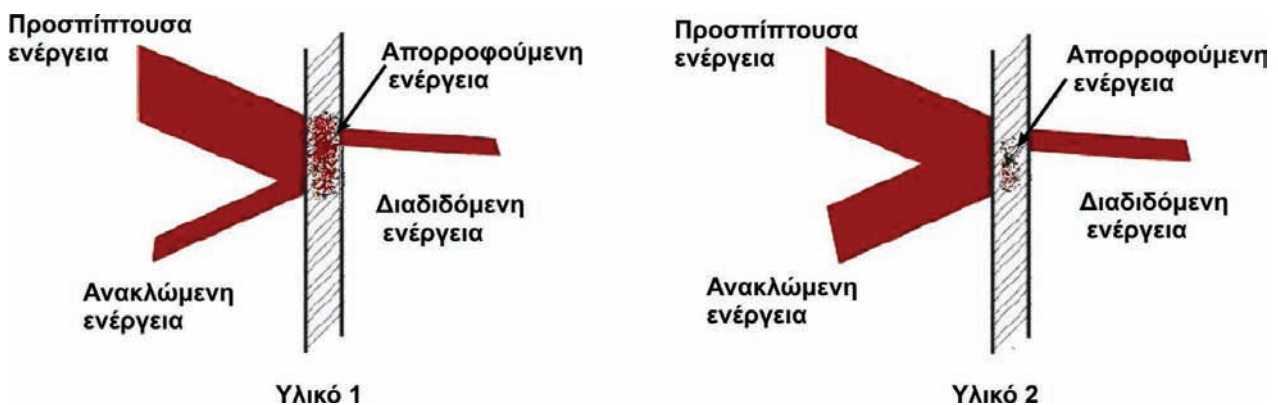


#### ΤΙ ΜΑΣ ΛΕΕΙ Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ;

Ηχομονωτικό υλικό λέγεται αυτό που ανακλά τον περισσότερο από τον προσπίπτων στην επιφάνειά του ήχο.

Ηχοαπορροφητικό υλικό λέγεται αυτό που απορροφάει τον περισσότερο από τον ήχο που δεισδύει σε αυτόν.

Τα ακόλουθα δύο γραφήματα δείχνουν την αποκοπή του ήχου σε ένα υλικό.



Ποιο από αυτά είναι ηχομονωτικό και ποιο ηχοαπορροφητικό;

---

---

---



Για να προτείνει την καλύτερη λύση στον ιδιοκτήτη της δισκοθήκης, ο μηχανικός μέτρησε την ένταση του ήχου σε διάφορες συχνότητες. Ο ιδιοκτήτης δεν καταλαβαίνει γιατί. Ο μηχανικός τότε τον ρωτά, γιατί οι γείτονες δεν ακούν όλους τους ήχους στα διαμερίσματά τους.

Οι μετρήσεις που λήφθηκαν για διαφορετικές συχνότητες παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα:

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz)	ΕΝΤΑΣΗ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΥ ΗΧΟΥ (dB)	ΕΝΤΑΣΗ ΔΙΑΔΙΔΟΜΕΝΟΥ ΗΧΟΥ (dB)
125	100	63
250	100	62
500	100	58
1000	100	53
2000	100	49
4000	100	44

*Ποιοι ήχοι θα ακούγονται περισσότερο στο γειτονικό διαμέρισμα, οι χαμηλής συχνότητας ή οι ψηλής; Δικαιολογήστε την απάντησή σας με βάση τον προηγούμενο πίνακα.*

---

---

---

Αναλύοντας τα ληφθέντα δεδομένα, ο τεχνικός κάνει μια σειρά εισηγήσεων για τις καλύτερες κατασκευαστικές λύσεις ώστε να εξασθενεί αρκετά ο ήχος που φτάνει στους γείτονες.

Μερικές βδομάδες μετά την τελευταία επίσκεψη, ο τεχνικός επιστρέφει στη δισκοθήκη, όπου οι αναμορφώσεις έχουν περατωθεί, για να ελέγξει αν οι εισηγήσεις ακολουθήθηκαν. Πρώτα απ' όλα, παρατηρεί ότι στην επιφάνεια των τοίχων δεν μπήκε το υλικό που πρότεινε. Φοβάται το χειρότερο, αλλά δεν θέλει να βιαστεί να βγάλει συμπεράσματα. Προβαίνει ξανά σε μετρήσεις διαφόρων συχνοτήτων ήχου και καταλήγει στα ακόλουθα αποτελέσματα:

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz)	ΕΝΤΑΣΗ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΥ ΗΧΟΥ (dB)	ΕΝΤΑΣΗ ΔΙΑΔΙΔΟΜΕΝΟΥ ΗΧΟΥ (dB)
125	100	48,5
250	100	39
500	100	36
1000	100	31,7
2000	100	24,8
4000	100	24,6

*Σε ποιο βαθμό έχει λύσει το πρόβλημα η κατασκευαστική αναμόρφωση που έγινε;*

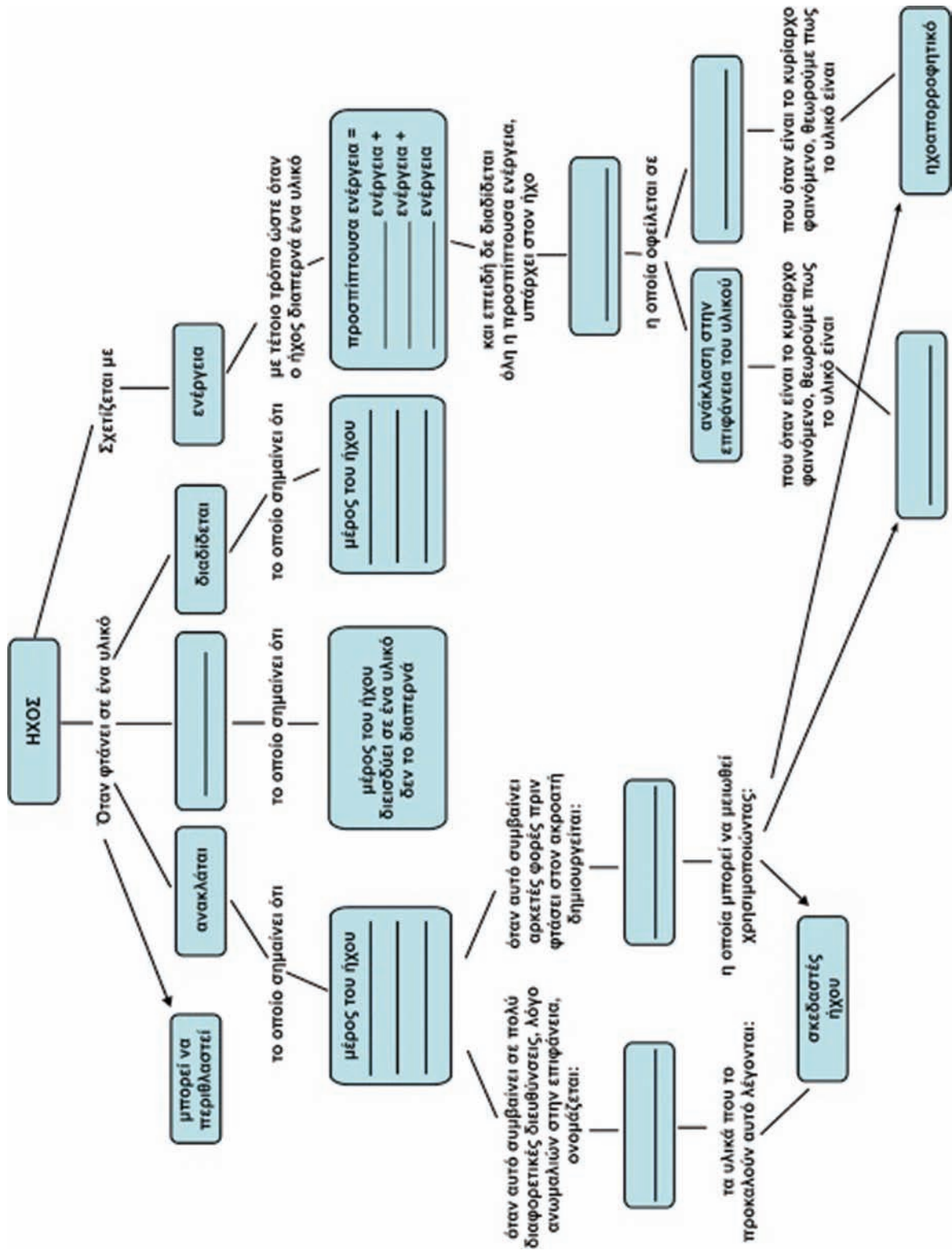
---

---


---

### 1.3.6. Ας οργανώσουμε τις σκέψεις μας!

Συμπληρώστε τον ακόλουθο εννοιολογικό χάρτη λαμβάνοντας υπόψιν τα όσα μελετήσατε στα προηγούμενα κεφάλαια.







**ΕΝΟΤΗΤΑ 2: ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ  
ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ  
ΗΧΟΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ  
ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΩΝ  
ΥΛΙΚΩΝ**



## 2.1

### ΠΟΙΑ ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ ΕΧΕΙ ΕΝΑ ΥΛΙΚΟ ΠΟΥ ΘΕΩΡΕΙΤΑΙ ΚΑΛΟ ΗΧΟΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟ; ΚΑΙ ΠΟΙΑ ΕΝΑ ΚΑΛΟ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟ;

Οι γείτονες ενοχλούνται από τον ήχο που φτάνει στα σπίτια τους από τη δισκοθήκη. Μερικοί από αυτούς σκέφτονται τρόπους να εμποδίσουν τον ήχο να φτάνει σε αυτούς, ενώ άλλοι θεωρούν ότι ο ιδιοκτήτης είναι αυτός που πρέπει να προβεί σε ενέργειες. Είναι για αυτό που ο τελευταίος ζήτησε λύσεις από τους τεχνικούς της εταιρείας DSR, αφού ήξερε το πρόβλημα και ότι έπρεπε να περιορίσει τον ήχο που έβγαινε έξω από τη δισκοθήκη. Μια κατασκευαστική λύση που προτάθηκε από τους μηχανικούς της DSR έμοιαζε ότι θα έλυσε το πρόβλημα. Παρόλα αυτά, οι τεχνικές εισηγήσεις δεν ακολουθήθηκαν πλήρως και η

επίλυσή του απέτυχε. Χρήματα που ο ιδιοκτήτης θα ήθελε να εξοικονομούσε, πρέπει τώρα να ξοδευτούν για να καλυφτούν όλοι οι τοίχοι και η οροφή με φύλλα διαφόρων υλικών.

Τέτοια υλικά πρέπει να έχουν τέτοια χαρακτηριστικά ώστε να περιορίζουν τον ήχο που φτάνει στους γείτονες, δηλαδή, να μειώνουν την ένταση του ήχου σε αποδεκτό επίπεδο. Ποια θεωρείτε ότι πρέπει να είναι αυτά τα χαρακτηριστικά που θα έχουν τα υλικά ώστε να περιορίζουν τον ήχο που βγαίνει από τη δισκοθήκη;



**2.1.1.** Όπως θα έχετε δει στην προηγούμενη ενότητα, τα ηχοανακλαστικά και τα ηχοαπορροφητικά υλικά συμπεριφέρονται διαφορετικά: κάποια από αυτά ανακλούν τον ήχο στην επιφάνειά τους ενώ άλλα εξασθενούν τον ήχο που διαδίδεται σε αυτά απορροφώντας μέρος της ενέργειας του ήχου που έχει διεισδύσει σε αυτά.

*Πώς πιστεύετε πως μοιάζουν αυτά τα υλικά στο εσωτερικό τους;  
Θα έχουν και τα δύο είδη τα ίδια χαρακτηριστικά;*

---

---

---



**2.1.2.** Συζητήστε με τους συμμαθητές σας ποια χαρακτηριστικά πρέπει να έχει ένα υλικό για να θεωρείται ηχοανακλαστικό ή ηχοαπορροφητικό αντίστοιχα. Εξηγήστε γιατί κάποιες ιδιότητές τους, καθορίζουν κατά πόσον είναι ηχοανακλαστικά ή ηχοαπορροφητικά. Μετά την ανταλλαγή απόψεων συμπληρώστε τα πιο κάτω πλαίσια με τα χαρακτηριστικά που συμφωνήσατε.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΩΝ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ

**2.1.3.** Πόσο καλά ηχοαπορροφητικά ή ηχοανακλαστικά είναι αυτά τα υλικά;

Τώρα που έχετε συζητήσει τα σχετικά χαρακτηριστικά των ηχοαπορροφητικών και των ηχοανακλαστικών υλικών θα σας δοθούν μερικά δείγματα από υλικά όπως εξηλασμένη πολυστερίνη, αλουμίνιο, μοριοσανίδα με μελαμίνη, υαλοβάμβακα και χαλί. Παρατηρήστε τα και προβλέψτε ποια από τα υλικά είναι ηχοανακλαστικά και ποια ηχοαπορροφητικά.

*Δικαιολογήστε την πρόβλεψή σας.*

ΥΛΙΚΟ	ΗΧΟΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟ Η ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟ ΚΑΙ ΓΙΑΤΙ;
Κουτί χωρίς επένδυση	
Αλουμίνιο	
Χαλί	
Εξηλασμένη πολυστερίνη	
Μοριοσανίδα	
Μελαμίνη	
Υαλοβάμβακας	

#### 2.1.4. Πώς μπορούμε να εξετάσουμε εμπειρικά αν κάποιο υλικό εξασθενεί σημαντικά τον ήχο;

Ο ιδιοκτήτης της δισκοθήκης δεν ξέρει ακόμα ποια υλικά πρέπει να χρησιμοποιήσει για να καλύψει τους τοίχους της ώστε να περιορίσει τον εξερχόμενο ήχο. Για να απαντήσει σε αυτό το ερώτημα, θα ήταν καλό να σχεδιάσει ένα πείραμα για να ελέγξει κατά πόσον ορισμένα υλικά εξασθενούν τον ήχο.

*Μπορείτε να τον βοηθήσετε να σχεδιάσει το πείραμα;*

Ετοιμάστε μια λίστα υλικών και αντικειμένων που νομίζετε ότι χρειάζεστε για το πείραμα:

---

---

---

Μετά, σχεδιάστε ένα διάγραμμα του πειράματος που θα εκτελέσετε, εξηγώντας γιατί είναι η κατάλληλη διάταξη και πώς θα υπολογίζετε την εξασθένηση του ήχου:



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



**ΜΟΙΡΑΣΤΕΙΤΕ ΤΙΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΣΑΣ** ΜΕ ΤΟΥΣ ΥΠΟΛΟΙΠΟΥΣ ΣΥΜΜΑΘΗΤΕΣ ΣΑΣ ΚΑΙ, ΑΝ ΧΡΕΙΑΖΕΤΑΙ, ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΤΕ ΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΑΣ ΠΡΙΝ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΕΤΕ ΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ.

**2.1.5.** Ας εκτελέσουμε το πείραμα που σχεδιάστηκε και συμφωνήθηκε για να ελέγξουμε κατά πόσον και ποια υλικά εξασθενούν τον ήχο.



ΠΡΟΤΟΥ ΕΚΤΕΛΕΣΕΤΕ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΛΑΒΕΤΕ ΥΠΟΨΗ ΟΤΙ ΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΗΧΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΡΗΤΗ ΑΠΟ ΤΗ ΠΗΓΗ. ΕΠΟΜΕΝΩΣ, ΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΗ ΑΥΤΗ Η ΑΠΟΣΤΑΣΗ.

**Υπόδειξη:** Για να μετρήσετε την ένταση του ήχου του προσπίπτοντος και του διαδιδόμενου ήχου στην ίδια απόσταση, μετρήστε την απόσταση ανάμεσα στην πηγή ήχου και την άκρη του μετρητή και σημειώστε την.

$$d = \text{_____} \text{ m}$$

Να θυμάστε επίσης ότι χρειάζεται να γνωρίζετε την ένταση του ήχου που φτάνει στον μετρητή. Αυτή η τιμή θα είναι η στάθμη αναφοράς για να προσδιορίζετε αν ο ήχος που διαδίδεται σε ένα υλικό εξασθενεί λίγο ή πολύ.

$$\text{Ένταση εκπεμπόμενου ήχου: } I_{\text{εκπεμπόμενου}} = \text{_____} \text{ (dB)}$$

Εκτελέστε το πείραμα που σχεδιάσατε. Καταγράψτε τις μετρήσεις στον παρακάτω πίνακα και υπολογίστε την εξασθένηση του ήχου για κάθε υλικό:

$$\text{Θυμηθείτε ότι: } I_{\text{εξασθένησης}} = I_{\text{εκπεμπόμενου}} - I_{\text{διαδιδόμενου}}$$

ΥΛΙΚΟ	ΕΝΤΑΣΗ ΔΙΑΔΙΔΟΜΕΝΟΥ ΗΧΟΥ (dB)	ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗ ΗΧΟΥ (dB)
Αλουμίνιο		
Χαλί		
Εξηλασμένη πολυστερίνη		
Μοριοσανίδα με μελαμίνη		
Υαλοβάμβακας		



### ΤΙ ΜΑΣ ΛΕΕΙ Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ;

Ηχομονωτικό υλικό λέγεται αυτό που δεν επιτρέπει στον ήχο να διαδοθεί διαμέσου του. Ο διαδιδόμενος ήχος είναι δηλαδή σημαντικά εξασθενημένος σε σχέση με τον προσπίπτον.

#### 2.1.6. Πώς μπορούμε να εξετάσουμε εμπειρικά αν κάποιο υλικό είναι ηχοαπορροφητικό ή ηχοανακλαστικό;

Ο ιδιοκτήτης της δισκοθήκης δεν ξέρει ακόμα ποια υλικά πρέπει να χρησιμοποιήσει στους διάφορους χώρους της δισκοθήκης για να καλύψει τους τοίχους της ώστε να περιορίσει τον εξερχόμενο ήχο. Με τη βοήθεια του μηχανικού ακουστικής, έχει μάθει πως υπάρχουν υλικά που ανακλούν τον ήχο και άρα είναι χρήσιμα σε χώρους που πρέπει να ακούγεται δυνατά η μουσική και άλλα που απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας του ήχου που προσπίπτει και άρα πρέπει να τοποθετηθούν εκεί όπου ο ήχος χρειάζεται να είναι πιο καθαρός ώστε οι άνθρωποι να μπορούν να ακούν ο ένας τον άλλον. Και στις δύο περιπτώσεις, ο ήχος που φτάνει στους γείτονες πρέπει να εξασθενεί. Παρόλα αυτά δεν γνωρίζει πώς να διακρίνει αν κάποιο υλικό είναι ηχοαπορροφητικό ή ηχοανακλαστικό. Για να απαντήσει σε αυτό το ερώτημα, θα ήταν καλό να σχεδιάσει ένα πείραμα για να ελέγξει ορισμένα υλικά αν είναι ηχοαπορροφητικά ή ηχοανακλαστικά.

*Μπορείτε να τον βοηθήσετε να σχεδιάσει το πείραμα;*

Ετοιμάστε μια λίστα υλικών και αντικειμένων που νομίζετε ότι χρειάζεστε για το πείραμα:

---

---

---

Μετά, σχεδιάστε ένα διάγραμμα του πειράματος που θα εκτελέσετε, εξηγώντας γιατί είναι η κατάλληλη διάταξη για τις ακόλουθες περιπτώσεις:

- α) Θέλουμε να ελέγξουμε αν ένα υλικό είναι καλός περιοριστής του ήχου, δηλαδή αν το υλικό αυτό δεν επιτρέπει να διαδοθεί πολύς ήχος.



β) Θέλουμε να ελέγξουμε αν ένα υλικό είναι καλό ηχοανακλαστικό και επομένως ανακλά τον ήχο αρκετά ή καλό ηχοαπορροφητικό και επομένως απορροφά τον ήχο.



**ΜΟΙΡΑΣΤΕΙΤΕ ΤΙΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΣΑΣ** ΜΕ ΤΟΥΣ ΥΠΟΛΟΙΠΟΥΣ ΣΥΜΜΑΘΗΤΕΣ ΣΑΣ ΚΑΙ, ΑΝ ΧΡΕΙΑΖΕΤΑΙ, ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΤΕ ΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΑΣ ΠΡΙΝ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΤΕ ΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ.

### 2.1.7. Ελέγχοντας πόσο καλά ηχοαπορροφητικά ή ηχοανακλαστικά είναι ορισμένα υλικά:

Στην προηγούμενη δραστηριότητα έχετε συζητήσει πώς μπορείτε να ελέγξετε εμπειρικά αν ένα υλικό είναι καλό ηχοαπορροφητικό ή ηχοανακλαστικό. Σας προτείνουμε τώρα μια συγκεκριμένη πειραματική διάταξη χρησιμοποιώντας κουτιά καλυμμένα εσωτερικά με διαφορετικά υλικά (δείτε την εικόνα). Αυτά τα κουτιά έχουν μια μικρή οπή στο πλάι για να μπορεί να μπαίνει το μικρόφωνο του μετρητή έντασης για να μετρά την ένταση στο εσωτερικό του. Σαν πηγή ήχου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας βομβητής που θα τοποθετείται στο εσωτερικό του κουτιού.



- I) Το κουτί μπορεί να είναι καλυμμένο εσωτερικά με ηχοαπορροφητικό υλικό.
  - II) Το κουτί μπορεί να είναι καλυμμένο εσωτερικά με ηχοανακλαστικό υλικό.
- α) Θεωρείτε ότι η ένταση του ήχου θα είναι ψηλότερη, χαμηλότερη ή η ίδια μέσα στο κουτί στις περιπτώσεις I και II, με αυτήν που μετρήθηκε χωρίς το κουτί;

---

---

---

Ποιες παραμέτρους πρέπει να διατηρείτε σταθερές κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων;

---

---

---

Πριν μετρήσετε, πρέπει να γνωρίζετε την ένταση του ήχου που εκπέμπεται από τον βομβητή και φτάνει στο μετρητή χωρίς κουτί. Με αυτή την τιμή πρέπει να συγκρίνετε τις τιμές που θα παίρνετε στις μετρήσεις σας για να διαπιστώνετε αν ο ήχος ενισχύεται ή εξασθενεί και επομένως αν το υλικό στο κουτί είναι ηχοανακλαστικό ή ηχοαπορροφητικό αντίστοιχα.

Σημειώστε την απόσταση βομβητή – μετρητή ήχου στην οποία θα παίρνετε μετρήσεις:

d = \_\_\_\_\_

ΕΝΤΑΣΗ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΥ ΗΧΟΥ (ΧΩΡΙΣ ΚΟΥΤΙ)	

ΥΛΙΚΟ	ΕΝΤΑΣΗ ΗΧΟΥ ΕΞΩ ΑΠΟ ΤΟ ΚΟΥΤΙ (dB) <small><math>I_{\text{διαδιδόμενου}}</math></small>	ΕΝΤΑΣΗ ΗΧΟΥ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΚΟΥΤΙ (dB) <small><math>I_{\text{εκπεμπόμενου}} + I_{\text{ανακλώμενου}} - I_{\text{απορρόφησης}}</math></small>
Κουτί χωρίς επένδυση		
Αλουμίνιο		
Τσόχα		
Εξηλασμένη πολυστερίνη		
Μοριοσανίδα με μελαμίνη		
Υαλοβάμβακας		



Από τα δεδομένα που συλλέξατε, συμπληρώστε το ακόλουθο πίνακα εξηγώντας αν κάθε ένα από αυτά τα υλικά είναι καλό περιοριστικό ήχου και αν πρόκειται για ηχοανακλαστικό ή ηχοαπορροφητικό:

ΥΛΙΚΟ	ΣΥΜΠΕΡΙΦΕΡΕΤΑΙ ΩΣ ΚΑΛΟ ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΟ ΗΧΟΥ	ΣΥΜΠΕΡΙΦΕΡΕΤΑΙ ΩΣ ΗΧΟΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟ Η ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟ
Κουτί χωρίς επένδυση		
Αλουμίνιο		
Χαλί		
Εξηλασμένη πολυστερίνη		
Μοριοσανίδα με μελαμίνη		
Υαλοβάμβακας		

### 2.1.8. Πώς είναι αυτά υλικά; Ποιες είναι οι ιδιότητές τους;

Στο προηγούμενο πείραμα, κατηγοριοποιήσαμε εμπειρικά μερικά από τα υλικά (χαρτόκουτο, μοριοσανίδα καλυμμένη με Formica, αλουμινόχαρτο, διογκωμένη πολυστερίνη, τσόχα και υαλοβάμβακας) ως καλά ηχομονωτικά ή ηχοαπορροφητικά αναλόγως των ιδιοτήτων τους.

Πριν κάνετε το πείραμα, είχατε γράψει τις προβλέψεις σας για τις ιδιότητες που θεωρείτε πως έχουν γενικά τα ηχοαπορροφητικά και τα ηχοανακλαστικά.

Τώρα, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα υλικά, μπορούμε μέσω μιας προκαταρκτικής παρατήρησης και χειρισμού να φτιάξουμε μια προκαταρκτική λίστα πιθανών ιδιοτήτων αυτών των υλικών.

Δηλαδή, νιώθετε να έχουν μεγάλη πυκνότητα ή όχι;

Παραμορφώνονται εύκολα ή δύσκολα;

Είναι πορώδη ή όχι;

Συμπληρώστε στον πίνακα τη ζητούμενη πληροφορία:

ΥΛΙΚΟ	ΣΥΜΠΕΡΙΦΕΡΕΤΑΙ ΩΣ ΜΟΝΩΤΙΚΟ Η ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟ	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΠΟΥ ΣΥΝΔΕΣΑΜΕ ΗΧΟΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΑ Η ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ (ΜΕ ΓΥΜΝΟ ΜΑΤΙ)
Κουτί χωρίς επένδυση			
Αλουμίνιο			
Χαλί			
Εξηλασμένη πολυστερίνη			
Μοριοσανίδα			
Μελαμίνη			
Υαλοβάμβακας			



*Υπάρχουν ιδιότητες που δεν είστε σίγουροι αν ανήκουν στα ηχοανακλαστικά ή τα ηχοαπορροφητικά;  
Γιατί;*

---

---

*Πώς θα μπορούσατε να καθορίσετε τις πραγματικές ιδιότητες τέτοιων υλικών με πιο ακριβή τρόπο; (Για παράδειγμα, την πυκνότητα, τη δυσκαμψία, το πόσο πορώδες είναι, κλπ.)*

---

---

### 2.1.9. Χρησιμοποιώντας πιο ακριβή δεδομένα των ιδιοτήτων των υλικών

Γνωρίζοντας τις ιδιότητες των υλικών μπορούμε να κάνουμε μια σχετική πρόβλεψη για την ηχητική συμπεριφορά τους, προτού τα ελέγξουμε πειραματικά. Παρακάτω, μπορείτε να βρείτε μερικά δεδομένα που λήφθηκαν σε ένα εργαστήριο, για τα υλικά που μελετήσατε προηγουμένως. Μελετήστε αυτά τα δεδομένα για να εξαγάγετε συμπεράσματα για τις ιδιότητες των ηχομονωτικών και των ηχοαπορροφητικών.

#### ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

Συμπληρώστε την τρίτη στήλη με το αποτέλεσμα που εξαγάγετε προηγουμένως για την ηχητική συμπεριφορά του υλικού. Ακολουθώντας, συγκρίνετε τις δύο στήλες που αντιστοιχούν στο κάθε υλικό.

ΥΛΙΚΟ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (g/cm <sup>3</sup> )	ΗΧΟΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟ/ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟ
Χαλί	0,33	
Αλουμίνιο	2,70	
Μοριοσανίδα	0,70	
Μελαμίνη	1,60	
Υαλοβάμβακας	0,02	
Εξηλασμένη πολυστερίνη	0,02	
Χαρτόνι	0,13	

Από τα πιο πάνω δεδομένα πυκνότητας και την εμπειρική σας γνώση για αυτά τα υλικά (ως ηχοανακλαστικά ή ηχοαπορροφητικά):

*Τι συμπεραίνετε για την πυκνότητα των ηχοανακλαστικών;*

---

---

---

*Τι συμπεραίνετε για την πυκνότητα των ηχοαπορροφητικών;*

---

---

---

## ΔΥΣΚΑΜΨΙΑ

Λέμε ένα υλικό δύσκαμπτο αν χρειάζεται μεγάλη προσπάθεια για να παραμορφωθεί, δηλαδή, όταν χρειάζεται μεγάλη δύναμη για να παραμορφωθεί λίγο. Τα εύκαμπτα υλικά, για παράδειγμα, παραμορφώνονται εύκολα όταν ασκείται σε αυτά μια μικρή δύναμη. Είναι δυνατό να υπολογιστεί ο βαθμός δυσκαμψίας ενός υλικού διαιρώντας την πίεση που ασκείται στην επιφάνειά του με την παραμόρφωση στην οποία υπόκειται.

Πείτε, δοκιμάζοντάς τα με άμεση επαφή των παραπάνω υλικών, αν είναι δύσκαμπτα ή εύκαμπτα.

ΥΛΙΚΑ	ΣΧΕΤΙΚΑ ΔΥΣΚΑΜΠΤΟ	ΣΧΕΤΙΚΑ ΕΥΚΑΜΠΤΟ	ΗΧΟΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟ/ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟ
Χαλί			
Αλουμίνιο			
Μορισσανίδα			
Μελαμίνη			
Υαλοβάμβακας			
Εξηλασμένη πολυστερίνη			
Χαρτόνι			

Συγκρίνετε τη δυσκαμψία που παρατηρήσατε σε κάθε υλικό σε σχέση με την ηχητική συμπεριφορά του.

*Τι μπορούμε να συμπεράνουμε για την δυσκαμψία των ηχοανακλαστικών;*

---

---

---

*Τι μπορούμε να συμπεράνουμε για την δυσκαμψία των ηχοαπορροφητικών;*

---

---

---

## ΠΟΡΩΔΗΣ ΥΦΗ

Για να παρατηρήσουμε την εσωτερική δομή υλικών και να διαπιστώσουμε αν αποτελούνται από ίνες, πόρους, στρώματα μεγαλύτερης ή μικρότερης πυκνότητας, ή αν είναι ομογενή, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα οπτικό μικροσκόπιο.

Παρατηρήστε ένα δείγμα από αυτά τα υλικά:

- Με γυμνό μάτι: Περιγράψτε τη δομή που βλέπετε (λεία, επίπεδη, διαφανής, πορώδης, με κοιλότητες, με μικρά σφαιρίδια, ομογενές κλπ.)
- Με ένα διοπτρικό μικροσκόπιο (μεγέθυνση περίπου 40x): Περιγράψτε την εσωτερική όψη και δομή που βλέπετε. Αν δεν έχετε οπτικό μικροσκόπιο, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τη φωτογραφία από τα διαθέσιμα υλικά στην καρτέλα εργασίας.

Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα με τις παρατηρήσεις σας.

ΥΛΙΚΟ	ΗΧΟΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟ / ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΜΕ ΓΥΜΝΟ ΜΑΤΙ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΜΕ ΟΠΤΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ
Χαρτόνι			
Αλουμίνιο			
Χαλί			
Εξηλασμένη πολυστερίνη			
Μελαμίνη			
Υαλοβάμβακας			

Από τις παρατηρήσεις σας, τι συμπεραίνετε για την ηχοανακλαστικότητα που προσφέρουν τα πορώδη υλικά;

---

---

---

Από τις παρατηρήσεις σας, τι συμπεραίνετε για την ηχοαπορροφητικότητα των πορώδων υλικών;

---

---

---





### 2.1.11. Για να γνωρίζετε περισσότερα...

Μια ζεστή θερινή νύχτα, το κορίτσι που ζει στο πρώτο όροφο του κτηρίου προσπαθούσε να κοιμηθεί, έχοντας το παράθυρο ανοικτό. Έπρεπε να σηκωθεί νωρίς την επομένη, αλλά ο θόρυβος που έφθανε από τη δισκοθήκη δεν την άφηνε να κοιμηθεί.



Αν και η νύχτα ήταν πολύ ζεστή, έκλεισε το παράθυρο, που αποτελείτο από αλουμίνιο και διπλό στρώμα γυαλιού και τράβηξε τις παχιές κουρτίνες, οι οποίες αποτελούντο από βαμβάκι και ίνες πολυεστέρα. Ο θόρυβος έγινε χαμηλότερος αλλά ήταν ακόμα ενοχλητικός. Έμοιαζε ωσάν ο θόρυβος να περνούσε μέσα από τους τοίχους του κτηρίου, οι οποίοι ήταν φτιαγμένοι από τούβλα και μέσα από το πάτωμα το οποίο ήταν από τσιμέντο. Ο θόρυβος περνούσε ακόμη και από τον τοποθετημένο στο πάτωμα τάπητα, ο οποίος αποτελείτο από ίνα της κάνναβης...

Ήταν τόσο απελπισμένη, που κάλυψε το κεφάλι της με ένα μαξιλάρι. Ο θόρυβος είχε πια σημαντικά χαμηλότερη ένταση, αλλά μετά βίας μπορούσε να αναπνεύσει. Ξαφνικά, θυμήθηκε ότι η μητέρα της είχε ωτοασπίδες για επείγουσες καταστάσεις.

Τέλος, βρήκε τις κίτρινες ωτοασπίδες. Φαίνονταν να είναι φτιαγμένες από αφρό. Ακολουθώντας τις οδηγίες από τη συσκευασία, συμπίεσε τις ωτοασπίδες ώστε να γίνουν μια μικρή σφαίρα και τις έβαλε μέσα στην κοιλότητα του κάθε αυτιού. Όταν οι δύο ωτοασπίδες εφάρμοσαν καλά, άκουγε μόνο ένα εξασθενημένο θόρυβο, που έμοιαζε να έφθανε από πολύ μακριά.

Διαφορετικά αντικείμενα και υλικά, που έχουν την ιδιότητα να περιορίζουν τον ήχο, έχουν αναφερθεί στο κείμενο: τσιμέντο, ύφασμα φτιαγμένο από βαμβάκι, τοίχοι κατασκευασμένοι από τούβλα, ωτοασπίδες, ύφασμα φτιαγμένο από πολυεστέρα, ίνα κάνναβης, κλπ.

*Ποια θεωρείτε πυκνότερα;*






*Ποια νομίζετε είναι πιο δύσκαμπτα;*

*Ποια θεωρείτε τα πιο πορώδη;*

(Εξετάστε τις φωτογραφίες.)

	ΠΕΡΙΓΡΑΨΤΕ ΤΗΝ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ, ΔΥΣΚΑΜΨΙΑ ΚΑΙ ΠΟΡΩΔΗ ΥΦΗ ΤΟΥΣ
Ωτοασπίδες 	
Συνθετικός αφρός 	



	ΠΕΡΙΓΡΑΨΤΕ ΤΗΝ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ, ΔΥΣΚΑΜΨΙΑ ΚΑΙ ΠΟΡΩΔΗ ΥΦΗ ΤΟΥΣ
<p>Βαμβακερό ύφασμα</p> 	
<p>Ίνα κάνναβης</p> 	
<p>Ίνα πολυεστέρα</p> 	
<p>Τσιμέντο</p> 	
<p>Τοίχος από τούβλα</p> 	
<p>Άλλο σύνθετο υλικό</p> <p>.....</p>	



Ποια από αυτά θεωρείτε ηχοανακλαστικά;

---

---

---

Ποια από αυτά θεωρείτε ηχοαπορροφητικά;

---

---

---

Στις προηγούμενες δραστηριότητες, συνδέσαμε την εξασθένηση διαφόρων υλικών με ορισμένες ιδιότητές τους: **δυσκαμψία**, **πυκνότητα** και **πορώδη υφή**. Αυτές οι ιδιότητες εξαρτώνται από την εσωτερική δομή των υλικών.

Έχουμε διαπιστώσει εμπειρικά πως τα πιο δύσκαμπτα υλικά ανακλούν τον ήχο ενώ από την άλλη, τα πιο πορώδη τον απορροφούν. Η ακόλουθη δραστηριότητα θα μας βοηθήσει να καθιερώσουμε ένα μοντέλο που θα ερμηνεύει τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στον ήχο και τις εσωτερικές δομές διαφόρων υλικών.

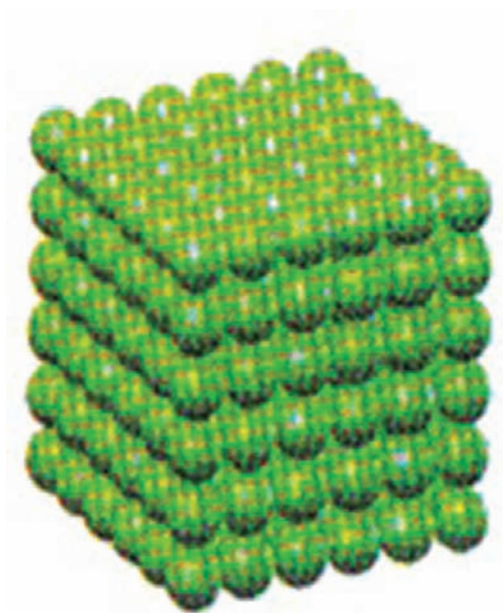
### ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗ: ΠΩΣ ΕΙΝΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΤΑ ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ;

#### 2.2.1. Υλικά μεγάλης ή μικρής πυκνότητας

Όταν ένα υλικό έχει μεγάλη πυκνότητα, εκδηλώνει μεγαλύτερη αδράνεια (περισσότερη μάζα ανά μονάδα όγκου, περισσότερη αντίσταση στο να κινηθεί αυτή).

Παρακάτω, δίδεται η δομή των ατόμων ενός πυκνού υλικού.

*Πώς θα αναπαριστούσατε ένα υλικό μικρότερης πυκνότητας;*



ΜΟΝΤΕΛΟ ΥΛΙΚΟΥ ΜΕΓΑΛΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ  
(ΤΑ ΑΤΟΜΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΖΟΝΤΑΙ ΩΣ ΣΦΑΙΡΕΣ)



ΜΟΝΤΕΛΟ ΥΛΙΚΟΥ ΜΙΚΡΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ



Χρησιμοποιώντας το μοντέλο της δομής ενός υλικού, εξηγήστε με δικά σας λόγια πώς νομίζετε ότι η πυκνότητά του επηρεάζει κατά πόσον αυτό το υλικό ανακλά τον ήχο.

(Λάβετε υπόψη σας τη φύση του ήχου και το πώς διαδίδεται από μέσο σε μέσο.)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Χρησιμοποιώντας το μοντέλο της δομής ενός υλικού, εξηγήστε με δικά σας λόγια πώς νομίζετε ότι η πυκνότητά του επηρεάζει κατά πόσον αυτό το υλικό απορροφά τον ήχο.

---

---

---

---

---

---

---

---

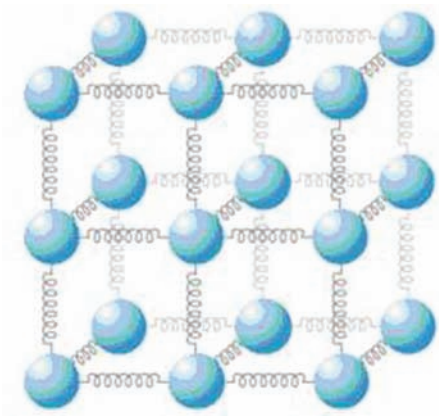
---

---



## 2.2.2. Υλικά δύσκαμπτα ή όχι

Τα δύσκαμπτα υλικά είναι υλικά τα οποία δύσκολα παραμορφώνονται. Για να συνδέσουμε τη δυσκαμψία ενός υλικού με την εσωτερική δομή του, εισηγούμεστε το ακόλουθο μοντέλο:



ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΟΥ ΣΥΝΔΕΕΙ ΤΗΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΕΝΟΣ ΥΛΙΚΟΥ ΜΕ ΤΗ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑ ΤΟΥ  
(ΤΑ ΑΤΟΜΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΖΟΝΤΑΙ ΩΣ ΣΦΑΙΡΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΔΕΣΜΟΙ ΤΟΥΣ ΩΣ ΕΛΑΤΗΡΙΑ)



ΠΩΣ ΘΑ ΑΝΑΠΑΡΙΣΤΟΥΣΑΤΕ ΕΝΑ  
ΥΛΙΚΟ ΜΙΚΡΗΣ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΠΟΥ  
ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΝΕΤΑΙ ΔΗΛΑΔΗ ΕΥΚΟΛΑ;



ΠΩΣ ΘΑ ΑΝΑΠΑΡΙΣΤΟΥΣΑΤΕ ΕΝΑ ΥΛΙΚΟ  
ΜΕΓΑΛΗΣ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΠΟΥ  
ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΝΕΤΑΙ ΔΗΛΑΔΗ ΔΥΣΚΟΛΑ;



Χρησιμοποιώντας τα πιο πάνω μοντέλα, εξηγήστε με δικά σας λόγια, πώς νομίζετε ότι η δυσκαμψία ενός υλικού επηρεάζει το κατά πόσον ανακλά τον ήχο.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Χρησιμοποιώντας τα πιο πάνω μοντέλα και πάλι, εξηγήστε με δικά σας λόγια, πώς νομίζετε ότι η δυσκαμψία ενός υλικού επηρεάζει το κατά πόσον απορροφά τον ήχο.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

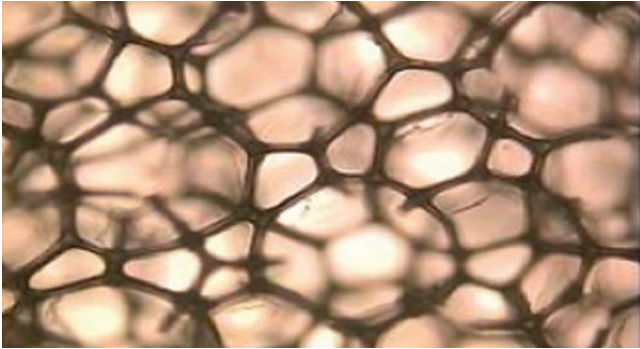
---



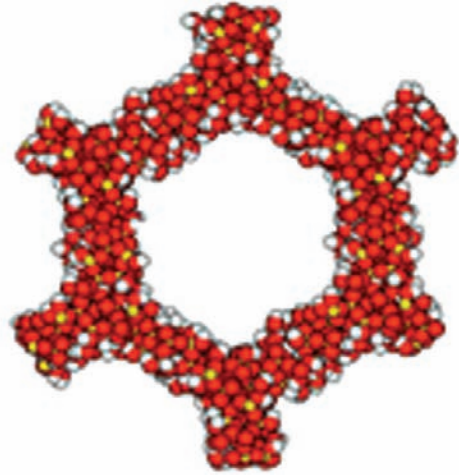
### 2.2.3. Υλικά πορώδη ή μη

Ένα πορώδες υλικό έχει μια στερεή δομή (σκελετό ή ίνα), η οποία έχει μεγάλη πυκνότητα και δυσκαμψία συγκρινόμενη με τον αέρα, που βρίσκεται μέσα στις κοιλότητες που λέγονται πόροι.

Παρακάτω, βλέπετε το μοντέλο της εσωτερικής δομής ενός πόρου από ένα πορώδες υλικό. Το δύσκαμπτο μέρος αποτελείται από δομημένα σωματίδια όπως σε κάθε στερεό, και οι πόροι είναι κοιλότητες γεμάτες αέρα.



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΠΟΡΩΔΟΥΣ ΔΟΜΗΣ (ΜΕ ΑΕΡΑ ΣΤΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ) ΠΑΡΜΕΝΗ ΑΠΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ



ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΟΜΗΣ ΕΝΟΣ ΠΟΡΟΥ



ΠΩΣ ΘΑ ΑΝΑΠΑΡΙΣΤΟΥΣΑΤΕ\* ΕΝΑ ΛΙΓΟ ΠΟΡΩΔΕΣ ΥΛΙΚΟ ΣΕ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ;



ΠΩΣ ΘΑ ΑΝΑΠΑΡΙΣΤΟΥΣΑΤΕ\* ΠΟΛΥ ΠΟΡΩΔΕΣ ΥΛΙΚΟ ΣΕ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ;

ΟΧΙ ΠΟΛΥ ΠΟΡΩΔΕΣ ΥΛΙΚΟ

\*Σχεδιάστε περισσότερους από ένα πόρους και σωματίδια αέρα επίσης.

ΠΟΛΥ ΠΟΡΩΔΕΣ ΥΛΙΚΟ

Χρησιμοποιώντας το **μικροσκοπικό μοντέλο του πορώδους υλικού**, εξηγήστε με δικά σας λόγια πως νομίζετε ότι η πορώδης υφή ενός υλικού επηρεάζει το κατά πόσον το υλικό απορροφάει τον ήχο.

---

---

---

---

---

---

---

---

#### 2.2.4. Το επιστημονικό μοντέλο της εξασθένησης του ήχου

Στη προηγούμενη δραστηριότητα, έχετε προτείνει κάποιες εξηγήσεις, βασισμένες σε μικροσκοπικά μοντέλα, ώστε να ερμηνεύσετε πώς η πυκνότητα, η δυσκαμψία και η πορώδης υφή επηρεάζουν την ανάκλαση και την απορρόφηση του ήχου στο υλικό.

Ας δούμε πώς η επιστήμη τα εξηγεί:

#### ΠΩΣ ΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΕΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΤΟ ΕΞΗΓΟΥΝ ΑΥΤΟ;

#### ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

- **Μεγάλη πυκνότητα.** Σε ένα υλικό μεγάλης πυκνότητας, τα άτομα δύσκολα απομακρύνονται από τη θέση ισορροπίας τους, λόγω του ότι σε μικρό όγκο υλικού υπάρχουν πολλά άτομα.

Για να διαδοθεί ο ήχος, τα άτομα του υλικού πρέπει να δονούνται. Επειδή σε ένα πυκνό υλικό τα άτομα απομακρύνονται δύσκολα από τη θέση ισορροπίας τους (μικρή δόνηση), αυτά τα υλικά εμποδίζουν τη διείσδυση μεγάλου μέρους της ενέργειας του ήχου. Έτσι, μόνο ένα μικρό μέρος της ενέργειας του προσπίπτοντος ήχου μπορεί να διεισδύσει, που σημαίνει ότι η περισσότερη ενέργεια ανακλάται.

- **Μικρή πυκνότητα.** Επειδή έχουν μικρή πυκνότητα, τα σωματίδια δεν έχουν μεγάλη αδράνεια και μπορούν να δονούνται ευκολότερα. Αυτό το χαρακτηριστικό κάνει τη διείσδυση του ήχου σε αυτά ευκολότερη. Επιπλέον, ενώ ο ήχος διαδίδεται σε αυτά, μέρος της ενέργειας διασκορπίζεται προς όλες τις κατευθύνσεις, λόγω της κίνησης των σωματιδίων: μπορούν να κινούνται εύκολα και αρκετή από την ενέργεια καταναλώνεται για αυτή τη κίνηση μετατρεπόμενη τελικά σε θερμότητα.

Γι αυτό, λέμε ότι **ένα καλό ηχοανακλαστικό πρέπει να είναι ένα υλικό με μεγάλη πυκνότητα, ενώ ένα καλό ηχοαπορροφητικό πρέπει να έχει μικρή πυκνότητα.**

## HOW ENGINEERS AND SCIENTISTS OF MATERIALS SCIENCE EXPLAIN THAT?

### ΔΥΣΚΑΜΨΙΑ

- Μεγάλη δυσκαμψία. Στα πολύ δύσκαμπτα υλικά, τα άτομα συνδέονται μεταξύ τους έτσι (όπως απεικονίσαμε με ελατήρια), ώστε δύσκολα απομακρύνονται από τις θέσεις ισορροπίας τους. Έτσι, όταν φτάνει ο ήχος στην επιφάνεια δύσκαμπτων υλικών, τα άτομά τους δύσκολα δονούνται και έτσι εμποδίζουν τη διείσδυση του ήχου σε αυτά. Όπως και στα πολύ πυκνά υλικά, μόνο ένα μικρό μέρος της ενέργειας του προσπίπτοντος ήχου διεισδύει στο υλικό ενώ το μεγαλύτερο μέρος της ανακλάται.
- Μικρή δυσκαμψία. Καθώς έχει μικρή δυσκαμψία, το υλικό μπορεί να παραμορφώνεται και τα σωματίδια κινούνται εύκολα, κάνοντας δυνατή τη διείσδυση του ήχου. Ενώ ο ήχος διαδίδεται στο υλικό, η ενέργεια διασκορπίζεται στα κινούμενα σωματίδια: μπορούν να κινούνται πολύ και αρκετή από την ενέργεια καταναλώνεται για αυτή την κίνηση μετατρέπόμενη τελικά σε θερμότητα και πάλι.

Έτσι, ένα καλό ηχοανακλαστικό πρέπει να είναι δύσκαμπτο, ενώ ένα καλό ηχοαπορροφητικό υλικό πρέπει να είναι εύκαμπτο.

### ΠΟΡΩΔΗΣ ΥΦΗ

#### Εξήγηση με βάση το μοντέλο των σωματιδίων

Σε ένα πορώδες υλικό, ο ήχος διαδίδεται και μέσω του στερεού αλλά και μέσω του αέρα που βρίσκεται μέσα στους πόρους.

Τα σωματίδια αέρα, τα οποία δονούνται όταν ο ήχος εισέρχεται στους πόρους, χάνουν μέρος της ενέργειας τους λόγω τριβής με το στερεό και κρούσεων σε αυτό (το υλικό θερμαίνεται ανεπαίσθητα).

Λέμε πως η ενέργεια που διασκορπίζεται μέσα στο υλικό, έχει απορροφηθεί. Έτσι, λέμε ότι ένα καλό απορροφητικό πρέπει να είναι πορώδες υλικό.

#### Εναλλακτική εξήγηση με βάση την ανάκλαση

Ο ήχος που διαδίδεται στον αέρα μέσα στους πόρους ανακλάται κάθε φορά που βρίσκει στερεό υλικό.

Σε κάθε ανάκλαση, ένα μικρό μέρος της ενέργειας απορροφάται μέσα στο υλικό. Μετά από πολλαπλές ανακλάσεις, το υλικό απορροφά ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας του υλικού.



**2.2.5. Ας συσχετίσουμε δομές και ιδιότητες υλικών**

Σχολιάστε τις ακόλουθες προτάσεις με βάση το μοντέλο της εσωτερικής δομής ενός υλικού μεγάλης πυκνότητας, ενός δύσκαμπτου υλικού και το μικροσκοπικό μοντέλο ενός πορώδους υλικού:

1. Το αλουμίνιο είναι καλό ηχοανακλαστικό και συνεπώς, καλό ηχομονωτικό.

---

---

---

---

---

2. Τα πορώδη υλικά όπως ο υαλοβάμβακας είναι καλά απορροφητικά.

---

---

---

---

---

3. Υλικά όπως η μοριοσανίδα με επένδυση μελαμίνης, δρουν και ως ηχοανακλαστικά και ως ηχοαπορροφητικά.

---

---

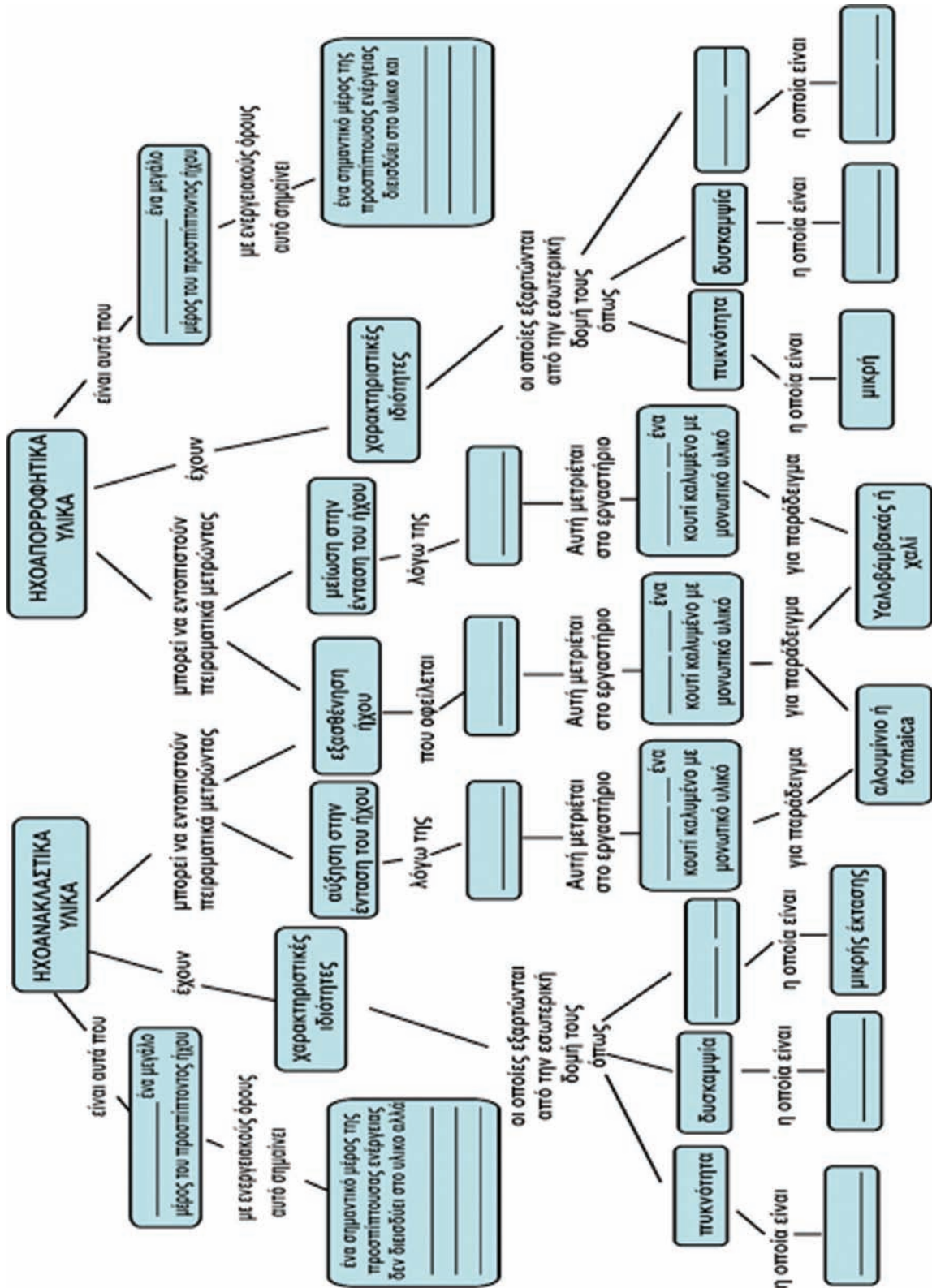
---

---

---

### 2.2.6. Ας οργανώσουμε τις σκέψεις μας!

Συμπληρώστε τον ακόλουθο περιεκτικό χάρτη λαμβάνοντας υπόψιν τα εξαχθέντα συμπεράσματα από τις προηγούμενες παραγράφους.







**ΕΝΟΤΗΤΑ 3:  
ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ  
ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ**





# 3.1

## ΠΩΣ ΘΑ ΗΧΟΜΟΝΩΣΕΤΕ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΑ ΤΗ ΔΙΣΚΟΘΗΚΗ;

**3.1.1.** Η εταιρεία ΗΧΟΣ ΛΤΔ για την ηχομόνωση της δισκοθήκης προτείνει να διαιρεθεί ο χώρος σε τρία διαμερίσματα, ως εξής:

- Σκάλες και βεστιάριο
- Πίστα
- Ζώνη Επισήμων



Φανταστείτε ότι είστε ένας από τους μηχανικούς της εταιρείας ΗΧΟΣ. Τώρα είναι η σειρά σας να βρείτε λύση για κάθε μια από τις περιπτώσεις:

Χωριστείτε σε ομάδες των τριών και χρησιμοποιήστε τις γνώσεις σας από την ενότητα της ακουστικής, μοιράστε τις δουλειές που πρέπει να γίνουν και προσπαθήστε να προβάλετε μια αποτελεσματική λύση για τον κάθε χώρο (δωμάτιο).

Η εργασία πρέπει να περιλαμβάνει τα παρακάτω στοιχεία:





1. Ακουστικά χαρακτηριστικά κάθε χώρου
2. Διαρρύθμιση του χώρου και εξήγηση σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του κάθε χώρου
3. Διαρρύθμιση των ήχο-απορροφητικών και ήχο-ανακλαστικών υλικών και εξήγηση
4. Τα υπέρ και κατά της πρότασής σας

Σκεφτείτε ακόμα τη διαρρύθμιση των επίπλων και τη διακόσμηση, ώστε να διαμορφώσετε την ακουστική που κάθε χώρος χρειάζεται.

Όταν βρείτε λύση, πρέπει να ετοιμάσετε μια εργασία που να περιέχει όλες τις πληροφορίες που χρειάζονται για να μπορεί κάποιος να πραγματοποιήσει τις αλλαγές και τις απαραίτητες εξηγήσεις που υποστηρίζουν την πρότασή σας.

Πρέπει να λάβετε υπόψη σας τα καταλληλότερα υλικά. Ψάξτε στο διαδίκτυο μερικά υλικά που χρησιμοποιούνται και μετά εξηγήστε ποιο θεωρείται πιο κατάλληλο ακουστικά με βάση το μοντέλο στο οποίο καταλήξατε, αλλά και άλλα χαρακτηριστικά, π.χ. από αισθητική άποψη, θερμομονωτικές ιδιότητες, πυρασφάλεια, κόστος, μεταφορά, κλπ.

3.1.2. Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται κάποια πιθανά υλικά για τα οποία μπορείτε να βρείτε πληροφορίες:

ΥΛΙΚΟ	ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ (ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ, ΔΥΣΚΑΜΨΙΑ, ΠΟΡΩΔΗΣ ΥΦΗ)	ΠΙΘΑΝΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ
Τσόχα			
Φελλός			
Πολυουρεθάνη			
Πετροβάμβακας			











**MATERIALS  
SCIENCE PROJECT**

**UNIVERSITY-SCHOOL PARTNERSHIPS  
FOR THE DESIGN AND IMPLEMENTATION  
OF RESEARCH-BASED ICT-ENHANCED  
MODULES ON MATERIAL PROPERTIES**

**ISBN 978-9963-689-36-1  
2009**